



Интеллектуальные транспортные системы

В книге одного из ведущих экспертов в области интеллектуальных транспортных систем (ИТС) изложен собственный опыт проектирования и реализации ИТС. Книга писалась в течение 3,5 лет – всё это время автор собирал и скрупулёзно обрабатывал материал как из внешних источников информации, так и полученный опытным путём. Перед вами прекрасный сборник инженерных практик и концептуальных авторских решений!

Издание будет интересно широкому кругу читателей, связанных с транспортной отраслью. Руководители и лица, принимающие решения, найдут в ней концептуальные рамки ИТС для глубокого понимания темы. Эксперты в области стандартизации обнаружат большое количество интересных решений и подходов. Аналитики и проектировщики получат прекрасный инструмент для своей непосредственной работы. А любой пыливый читатель сможет понять природу интеллектуальности транспортных систем.



Роман Душкин — заместитель генерального директора по интеллектуальным транспортным системам и аппаратно-программному комплексу «Безопасный город» ООО «Войс-Линк», ведущего системного интегратора и производителя оборудования и программного обеспечения для ИТС. Под его руководством была построена и внедрена ИТС Северного обхода Одинцово, проектировались и реализовывались участки федеральной автотрассы М4, а также сегменты ИТС Москвы, ИТС трансконтинентального транспортного коридора Гамбург — Шанхай, разрабатывалась концепция транспортного сегмента в программе «500 умных городов Индии», а в настоящее время проектируются ИТС нескольких городских агломераций России с населением более 300 тысяч человек.

ISBN 978-5-97060-887-6



9 785970 608876 >

Интернет-магазин:
www.dmkpress.com

Оптовая продажа:
КТК «Галактика»
books@aliens-kniga.ru



Интеллектуальные транспортные системы

Роман Душкин

Интеллектуальные транспортные системы



Р. В. Душкин

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ



Москва, 2020

УДК 004.89
ББК 32.813
Д86

Душкин Р. В.

Д86 Интеллектуальные транспортные системы. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 282 с.: ил.

ISBN 978-5-97060-887-6

Книга охватывает различные аспекты деятельности транспортной отрасли и может использоваться как базовый справочник или путеводитель по основам интеллектуальных транспортных систем (ИТС). В начале даётся определение интеллектуальной транспортной системы, освещаются её предназначение, цели и задачи. Далее описывается место ИТС в государстве и хозяйственно-экономическом комплексе страны, рассматриваются нормативные правовые акты, которые регламентируют функционирование ИТС. Приводятся функции ИТС, описываются её подсистемы, их взаимосвязь друг с другом и с внешними объектами.

Издание будет полезно инженерам-проектировщикам, техническим писателям, государственным служащим и представителям органов власти, занятым в области регулирования и организации автомобильного транспорта, а также системным архитекторам и системным аналитикам. Книга пригодится и учёным, занимающимся исследованиями транспорта.

УДК 004.89
ББК 32.813

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-97060-887-6

© Душкин Р. В., 2020
© Оформление, издание,
ДМК Пресс, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
От издательства	11
Глава 1. Что такое ИТС?	13
Глава 2. Место ИТС в государстве, нормативные правовые акты	25
Глава 3. Функции ИТС	36
Глава 4. Подсистемы ИТС	61
4.1. Блок уровней управления	62
4.2. Блок общих инфраструктурных решений	67
4.3. Блок «Моделирование, прогнозирование и отчётность»	79
4.4. Блок «Организация и управление дорожным движением»	89
4.4.2. Система видеонаблюдения и видеоаналитики	115
4.5. Блок «Взимание платы»	154
4.6. Блок «Финансовое управление»	172
4.7. Блок «Эксплуатация»	179
4.9. Блок «Сервис для пользователей»	191
4.10. Блок «Комплексная безопасность»	198
4.11. Блок «Обеспечивающие и общесистемные сервисы»	203
4.12. Общая интеграционная платформа ИТС	210
Глава 5. Будущее транспортной отрасли	224
5.1. Кооперативные ИТС	224
5.2. Мультимодальные ИТС	264
5.3. Новые транспортные модальности	272
5.4. Обеспечение биобезопасности	273
Заключение	280

Одна из немногих качественных проработок темы Интеллектуальных транспортных систем, предложенная как обобщение личного опыта автора и его погруженности в предмет. Автор подтверждает устоявшийся тезис о том, что тема ИТС является комплексной, междисциплинарной, требующей появления квалифицированных специалистов нового типа, обладающих высокими и всесторонними инженерными знаниями, работающих на стыке большого количества знаний, таких как инженерные, экономические, правовые, медицинские, маркетинговые и т. д. Поэтому очень полезно и интересно видение автора комплексности знаний об ИТС, их перспективности в будущем и безусловной нужности в настоящем.

Глубокое знание предмета позволило автору предложить читателю свой взгляд на вопросы проектирования, внедрения, применения и развития проектов ИТС. Книга является ценным пособием в первую очередь для тех, кто соприкоснулся с темой ИТС впервые, а также для тех, кто ищет пути интеграции ИТС в иные системы. Конечно, как и любой труд, посвященный ИТС, выполненная работа может непрерывно совершенствоваться с учетом накопленных и новых знаний, а также развития техники и технологий. Но уже сейчас стоит выделить данный труд как один из наиболее успешных примеров систематизации знаний в области Интеллектуальных транспортных систем. За что автору – искренняя благодарность!

Жанказиев Султан Владимирович,
заведующий кафедрой
«Организация и безопасность движения» МАДИ,
докт. техн. наук, профессор

Prof., Dr. Sultan V. Zhankaziev
Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI)
Head of Department «Traffic management and road safety»

Книга «Интеллектуальные транспортные системы» является, на мой взгляд, одной из лучших по этой тематике. Это уникальная книга, в которой рассмотрены и раскрыты основные функции, структуры и подсистемы ИТС, выделены особенности внедрения ИТС, описаны основные направления развития в будущем. Автор системно рассмотрел весь набор технологий ИТС с учётом личного опыта реализации проектов в этой области.

В настоящее время тема ИТС стала неотъемлемой частью для любого государства не только для решения вопросов с автомобильными пробками, но и для построения современной инфраструктуры и безопасности. Актуальность представленной книги не вызывает сомнений, поскольку по этой теме недостаточно профильной литературы, а необходимость создания ИТС прописана на уровне государства в «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года», которая была утверждена 22 ноября 2008 года.

Гольдин Евгений Игоревич,
председатель совета директоров ООО «ВойсЛинк»

Книга Романа Душкина «Интеллектуальные транспортные системы» дает достаточно полный обзор об основных направлениях развития Интеллектуальных транспортных систем. Книга является очень своевременной, учитывая рост интереса к данной тематике, в том числе со стороны органов федеральной власти, о чём красноречиво говорит тот факт, что в рамках национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» планируется реализация мероприятий по внедрению интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек.

Для деятельности нашей компании в области транспортного моделирования и разработки систем поддержки принятия решений в ситуационных центрах управления мобильностью особо актуальными являются блоки «Моделирование, прогнозирование и отчётность» и «Организация и управление дорожным движением». Полностью разделяем мнение о том, что транспортные модели является важным расчётным ядром для осуществления тестирования возможных решений транспортных проблем при реализации оперативного и стратегического планирования с целью максимизации получаемых эффектов.

Как участник Ассоциации транспортных инженеров могу только приветствовать появление подобной русскоязычной литературы в области транспорта, которая будет как служить для обучения, так и выступать фундаментом для дальнейшего общения и обмена мнениями специалистов. Уверен, что книга «Интеллектуальные транспортные системы» Романа Душкина будет помогать специалистам развивать направления ИТС в России.

Владимир Швецов,
генеральный директор компании SIMETRA
(ООО «А+С Транспроект»)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие науки и техники открывает перед современным обществом самые широкие возможности по повышению эффективности жизнедеятельности, экономики и управления. Экспоненциальное увеличение вычислительных мощностей, опутывание всего пространства человеческой жизни каналами коммуникаций, появление и развитие так называемого «интернета вещей» – всё это и многое другое уже подводит человеческую цивилизацию к порогу, преодолев который, мы шагнём в новый технологический уклад. Это позволит оставить позади многие проблемы, которые не могут быть решены сегодня.

Методы информатизации, автоматизации и роботизации проникают практически во все аспекты сегодняшней жизни. Вместе с развитием науки и техники развиваются и эти методы, так что сегодня уже мало кто вспомнит некоторые подходы к решению задач автоматизации, бывшие актуальными ещё пару десятков лет назад. С другой стороны, новые достижения позволяют решать многие задачи ещё более эффективно. Так что становится крайне важным собрать, структурировать и систематизировать накопившиеся знания.

Я ставлю перед собой цель сделать это для одного из самых динамично развивающихся направлений хозяйственной и экономической деятельности человека – транспортной системы. Ведь транспорт – это одна из базовых и важнейших отраслей экономики. Поэтому автоматизация транспорта с целью повышения эффективности перевозки грузов и пассажиров как никогда актуальна. Отсюда и родилась идея этой книги – описать современные достижения в области проектирования и реализации интеллектуальных транспортных систем, поскольку именно они сейчас находятся на острие исследований и разработки новых технологий.

В этой книге я также хотел бы отразить свой опыт проектирования комплексных и интегрированных систем автоматизации, полученный на больших проектах в области железнодорожного и автомобильного транспорта, безопасности жизнедеятельности и государственного управления. Обобщённые знания о том, как проектировать системы управления масштаба отрасли или региона, легли в основу этой книги в применении к интеллектуальным

транспортным системам на любом уровне – будь то город, район, регион или целое государство.

Кратко рассмотрим содержимое книги. В первой главе дано определение интеллектуальной транспортной системы: что это такое, её предназначение, цели и задачи. Во второй главе описывается место ИТС в государстве и хозяйственно-экономическом комплексе страны. Показаны связи с другими экономическими системами и комплексами, обозначены границы и интеграция. Также здесь рассматриваются нормативные правовые акты, которые регламентируют функционирование ИТС. Ведь деятельность такой сложной системы не может осуществляться в правовом вакууме.

В третьей главе систематически приводятся все функции интеллектуальной транспортной системы, их взаимосвязь друг с другом, иными системами, с которыми ИТС взаимодействует, и акторами, участвующими в деятельности ИТС. Четвёртая глава описывает состав ИТС, все её подсистемы, их взаимосвязь друг с другом и с внешними объектами. Это самая объёмная глава книги и самая информативная для инженеров, проектирующих интеллектуальные транспортные системы для различных объектов. В ней по возможности приводится исчерпывающий перечень всех подсистем, так что для конкретизации ИТС для отдельного города, магистрали или региона надо будет лишь выбирать подходящие подсистемы.

Наконец, в пятой главе рассматривается будущее транспортной отрасли, перспективы её развития и прогнозы на различные сроки. Эта глава будет полезна тем, кто планирует и проектирует развитие транспорта на различных уровнях.

Однако книгу необходимо воспринимать как базовый справочник или путеводитель по основам того, что такое ИТС. Для детального и глубокого погружения в определённые темы, имеющие отношение к этому классу систем, читатели направляются в специализированную литературу, справочники и стандарты.

Книга охватывает различные аспекты деятельности транспортной отрасли, причём в разных разрезах, а это значит, что она будет интересна руководителям и специалистам различного профиля. Различные аспекты и срезы информации по ИТС собраны в различных главах, поэтому читатели разных категорий могут читать книгу в разном объёме. Так, всем заинтересованным читателям независимо от их роли рекомендуется ознакомиться с главами 1

и 5. Государственные служащие и представители органов власти или подведомственных организаций, занятых в области регулирования и организации автомобильного транспорта, будут заинтересованы главой 2. Глава 3 в полном объёме предназначена для системных архитекторов и системных аналитиков, которые проектируют концептуальный образ ИТС какого-либо объекта. Ну а самая объёмная глава 4 представляет собой краткий справочник для инженеров-проектировщиков и технических писателей.

В целом книга будет полезна транспортным инженерам, инженерам-проектировщикам, руководителям различного уровня в транспортной отрасли. Также книгу можно использовать в качестве дополнительного источника информации при обучении студентов в автодорожных и транспортных учебных заведениях. Она будет полезна аспирантам и учёным, занимающимся исследованиями транспорта.

Поехали...

*Москва, 2017–2020 гг.
Душкин Р. В.*

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Отзывы и пожелания

Мы всегда рады отзывам наших читателей. Расскажите нам, что вы думаете об этой книге – что понравилось или, может быть, не понравилось. Отзывы важны для нас, чтобы выпускать книги, которые будут для вас максимально полезны.

Вы можете написать отзыв на нашем сайте www.dmkpress.com, зайдя на страницу книги и оставив комментарий в разделе «Отзывы и рецензии». Также можно послать письмо главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com; при этом укажите название книги в теме письма.

Если вы являетесь экспертом в какой-либо области и заинтересованы в написании новой книги, заполните форму на нашем сайте по адресу http://dmkpress.com/authors/publish_book/ или напишите в издательство по адресу dmkpress@gmail.com.

Список опечаток

Хотя мы приняли все возможные меры для того, чтобы обеспечить высокое качество наших текстов, ошибки все равно случаются. Если вы найдете ошибку в одной из наших книг, мы будем очень благодарны, если вы сообщите о ней главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com, и мы исправим это в следующих тиражах. Сделав это, вы избавите других читателей от недопонимания и поможете нам улучшить последующие издания этой книги.

Нарушение авторских прав

Пиратство в интернете по-прежнему остается насущной проблемой. Издательство «ДМК Пресс» очень серьезно относится к вопросам защиты авторских прав и лицензирования. Если вы столкнетесь в интернете с незаконной публикацией какой-либо из на-

ших книг, пожалуйста, пришлите нам ссылку на интернет-ресурс, чтобы мы могли применить санкции.

Ссылку на подозрительные материалы можно прислать по адресу электронной почты dmkpress@gmail.com.

Мы высоко ценим любую помощь по защите наших авторов, благодаря которой мы можем предоставлять вам качественные материалы.

Глава 1

ЧТО ТАКОЕ ИТС?

Поскольку сами по себе интеллектуальные транспортные системы появились совсем недавно, не существует единого определения этого понятия. Во многих случаях под ИТС понимают различные аспекты деятельности транспортной отрасли. Во многих государствах мира ещё даже нет стандартов на ИТС, но при этом отдельные сегменты таких систем внедряются и работают. Это представляет серьёзной проблемой, поскольку вносит некоторую степень дезорганизованности в отрасль, которая должна отвечать самым современным требованиям к стандартизации, безопасности и наличию технических инноваций.

Поэтому в этой книге мы будем исходить из такого определения: *Интеллектуальная транспортная система* – это интегрированная автоматизированная система, которая, используя интеллектуальные и инновационные методы организации и управления, предоставляет участникам транспортной отрасли сервисы по координированию, планированию, информированию, повышению уровней безопасности и эффективности использования транспортных сетей. При этом речь пойдёт только об автомобильном транспорте, но разносторонняя интеграция с транспортом иных модальностей подразумевается.

Давайте разберём подробнее каждый термин в приведённом определении. Это позволит понять сущность ИТС, рассмотреть её со всех сторон и полностью погрузиться в предмет нашего интереса.

Под *системой* мы будем понимать комплекс взаимосвязанных элементов, функциональность которых как целого не сводится к сумме функций каждого отдельного элемента. Это классическое определение, и для наших целей его достаточно. В качестве элементов ИТС выступают разнородные сущности: от периферийного оборудования на автомобильных дорогах и автотранспорте до технологических процессов и нормативных актов. Элементы и группы элементов ИТС могут рассматриваться в разных аспектах и разбиваться на уровни и сегменты для удобства изучения. И далее в этой книге все элементы ИТС и их типы будут рассмотрены во всех подробностях.

Автоматизированная система включает в свой состав объект управления и комплекс управляющих устройств и технологических процессов управления, при этом некоторые функции выполняются автоматически, некоторые с участием человека в автоматизированном режиме при взаимодействии оператора с техническими средствами, а некоторые – вручную. В случае ИТС объектом управления являются транспортные потоки и отдельные связанные с ними объекты и явления, а в более узком смысле – дорожное движение. Соответственно, далее в книге в разделе «Подсистемы ИТС» мы более подробно рассмотрим все аспекты объекта управления.

Интегрированная автоматизированная система представляет собой совокупность взаимосвязанных автоматизированных систем, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой или других систем, так что эту совокупность можно рассматривать как единую автоматизированную систему. Соответственно, в составе ИТС выделяется несколько десятков подсистем, каждая из которых взаимодействует не только со своим окружением, но и с другими подсистемами ИТС, получая или передавая в них информацию и управленческие воздействия. Поэтому ИТС в целом рассматривается как интегрированная автоматизированная система.

Пойдём далее и разберём подробно остальные части определения ИТС. Начнём с того, что такое организация и управление. Организация в данном случае – это комплекс правовых, распорядительных и технических мероприятий, связанных с транспортом. То есть «организация» – это не объект, а процесс. Управление понимается в классическом смысле, то есть воздействие на объект управления с использованием информации из окружающей ИТС среды и информации о самом объекте управления, с тем чтобы достичь определённых целей. Управление является процессом, входящим в структуру мероприятий по организации, но при этом непосредственно воздействует на объект управления, получая от него по обратной связи информацию о состоянии и результатах воздействия. В разделе «Функции ИТС» будет более подробно описано всё, что касается этих двух аспектов деятельности ИТС.

Какие методы организации и управления можно назвать «интеллектуальными» и «инновационными»? Несмотря на то что в последнее время смысл этих двух терминов стал выходить за пределы, они употребляются к месту и не к месту, постараемся дать объективное и вполне конкретное определение.

Сначала по поводу инноваций. Инновации всегда сопутствуют научно-техническому прогрессу и переводят найденные фундаментальные и прикладные новинки во внедрённые новшества, повышающие эффективность выполнения процессов. Инновации основаны на интеллектуальной деятельности и творческой фантазии человека и переводят открытия и изобретения в рациональное использование. Поэтому инновационные методы организации и управления должны использовать последние достижения науки и техники в целях повышения эффективности транспортной системы. Этим самым инновации используют так называемые *принцип новых задач* и *принцип ориентации на будущее*, которые применяются при автоматизации деятельности. Первый принцип обозначает, что системы управления должны обеспечивать качественно новые решения управленческих проблем на последующих этапах развития, а не повторять механически приёмы управления, реализуемые в предыдущих периодах. Второй принцип означает управление инновационной стратегией, которое опирается на видение картины будущего отрасли, а также признание того, что прогресс как способ развития гораздо более важен, чем просто выживание.

Интеллектуальные методы обработки информации, если говорить в общем, предназначаются для решения задач, которые традиционно относят к творчеству без возможности их алгоритмизировать. Такие методы часто основываются на эвристиках, моделировании способов мышления человека и принятии им решения в условиях неопределённости и неполноты входной информации. Интеллектуальные информационно-вычислительные системы решают сложные неалгоритмические задачи без участия лица, принимающего решения. Тем самым интеллектуальные системы переводят автоматизацию на качественно новый уровень, на котором управление осуществляется автоматически, в том числе и на основе самообучения такой интеллектуальной системы. В отношении к ИТС всё это обозначает применение методов искусственного интеллекта для управления транспортной отраслью.

Кратко: под «искусственным интеллектом» понимается набор технологий, которые тем или иным способом позволяют имитировать интеллектуальную деятельность человека. Особенно это касается принятия решений, в том числе и тогда, когда на вход системе искусственного интеллекта подана ситуация, ранее не встречавшаяся в обучающей выборке и не заложенная изначально разработ-

чиком системы. Так что в применении к транспорту использование методов искусственного интеллекта обозначает, что ИТС будет принимать адекватные решения и в тех ситуациях, которые ранее не случались и не прогнозировались. Принятие таких решений может осуществляться с задействованием человека, и тогда система сможет дополнительно обучиться, либо ИТС будет самостоятельно реагировать на ситуацию. Таким образом, интеллектуальные методы обработки информации основаны на принципах самообучения системы и её работы в неизвестных заранее условиях.

Переходим к участникам транспортной отрасли, то есть тем акторам, которые взаимодействуют с ИТС. Естественно, что к ним относятся участники дорожного движения, причём не только водители транспортных средств, но и пассажиры наземного транспорта, велосипедисты и пешеходы. Однако к участникам транспортной отрасли также необходимо отнести органы исполнительной власти на уровне муниципалитетов и выше, которые для исполнения своих государственных задач используют транспорт. Организации, осуществляющие перевозки разнообразных грузов или пассажиров, тоже относятся к акторам ИТС. Более того, организации, которые эксплуатируют отдельные сегменты как транспортной инфраструктуры, так и самой ИТС, тоже должны быть отнесены к этой группе. Но нельзя не включить в неё и различные специальные службы (скорая медицинская помощь, пожарная охрана, службы жилищно-коммунального хозяйства и т. д.), которые используют автомобильный транспорт для передвижения. Наконец, другие системы на различных уровнях управления могут быть акторами ИТС. К подобным системам могут относиться такие, как «Умный город», «Электронное правительство» и иные системы подобного уровня.

Интересным моментом является то, что ИТС предоставляет участникам транспортной отрасли набор сервисов. Здесь осуществляется переход в юридически-правовой аспект, так как сервис или услуга определяется как нематериальный (как правило) результат взаимодействия двух акторов. В случае ИТС она является поставщиком услуг, а все перечисленные ранее акторы – их потребителями. Для осуществления такого взаимодействия могут заключаться договоры гражданско-правового характера, но чаще всего сервисы ИТС предоставляются в рамках простой оферты. Какие же сервисы предоставляет ИТС в рамках своей сервисной модели? Перечислим их ещё раз: координирование, планирова-

ние, информирование, повышение безопасности и эффективности использования транспортных сетей.

Координирование деятельности акторов в рамках ИТС – это согласование и взаимоувязка их текущих процессов и состояний, а также согласование планов изменений, которые могут оказать влияние на транспортную отрасль. В ИТС координирование осуществляется на многих уровнях от управления группой светофорных объектов на улично-дорожной сети города с адаптивной подстройкой под интенсивности транспортных потоков в разных направлениях до согласования планов развития дорожно-транспортной инфраструктуры, строительства объектов притяжения, ремонта автомобильных дорог и других подобных организационно-технических мероприятий, затрагивающих стратегические аспекты отрасли.

Планирование является процессом, занимающим подчинённое положение по отношению к координированию. Участники транспортной отрасли должны планировать свою деятельность, чтобы и их развитие или изменение состояния, и сама транспортная отрасль совместно двигались в будущее гармоничным образом. Как и координирование, планирование осуществляется на самых разных уровнях деятельности. Это может быть планирование поездки обычным водителем, планирование организации строительных работ с использованием логистических центров, планирование уборки и вывоза мусора из города в рамках систем из состава «умного города». В конце концов, планирование применяется и к самой ИТС в части её развития, для того чтобы она в рамках своей функциональности отвечала современным вызовам и задачам.

Информирование также является подчинённым процессом координирования. В его рамках ИТС сообщает своим акторам о том, что было (ретроспектива, архив), имеется в настоящее время или будет (прогноз) в части различных аспектов дорожной отрасли. Так, к примеру, участникам дорожного движения на улично-дорожной сети или на магистралях предоставляется информация о том, какова загруженность автомобильных дорог сейчас, какова она будет в прогнозе и какими маршрутами следует воспользоваться. Диспетчерам ИТС, выполняющим различные функции, ИТС предоставляет информацию о том, что происходит с транспортом, движением, пассажиропотоками и т. д. Других акторов ИТС информирует о том, что происходит, в рамках их ответственности или запросов. Соответственно, процесс информирования

предназначается для прямого и косвенного управления. И наконец, информирование может осуществляться по запросу актора или по инициативе ИТС, а также может иметь гарантированную доставку или же быть обращённым к неопределённому числу «приёмников» (отправлено «в эфир»).

Наконец, под повышением уровней безопасности и эффективности использования транспортных сетей понимается такое изменение выделенных показателей безопасности и эффективности, чтобы в долгосрочной перспективе было статистически значимое улучшение значений подобных показателей. Проблема заключается в том, что сами понятия «безопасность» и «эффективность» в применении к транспорту определены очень общо и широко, поэтому в каждом конкретном случае необходимо осуществлять целевое управление этими факторами путём перечисления измеримых показателей и установки их целевых значений на определённый срок. По окончании данного срока осуществляется оценка работы самой ИТС в этих двух аспектах. Впрочем, такая оценка с корректировкой должна осуществляться непрерывно, и это тоже одна из функций ИТС, направленная на «самодиагностику» и саморазвитие системы.

За счёт чего ИТС выполняет все свои функции? Без активного взаимодействия с окружающей средой система не смогла бы эффективно функционировать. Но не только активное взаимодействие требуется для этого – также на вход ИТС подаётся архивная и прогнозная информация как об объекте управления, так и из смежных систем. Всё это можно кратко пояснить такой диаграммой:



Само собой разумеется, что транспортная отрасль не заканчивается на автомобильном транспорте, а потому любая ИТС должна быть физически, юридически, финансово и технологически интегрирована с транспортом иных модальностей. В первую очередь речь идёт о метро в крупных городах и о железнодорожном транспорте. В крупных транспортных узлах всесторонняя интеграция должна осуществляться с железнодорожным, авиационным, водным и иными видами транспорта, чтобы обеспечить общую эффективность и транспортную доступность для пассажиров и грузов.

Как уже стало понятно из вышеизложенного, ИТС интегрируется в части информационных потоков и управленческих воздействий с другими системами подобного плана и масштаба. В первую очередь это системы класса «Умный город» и «Электронное правительство» в различных своих проявлениях (они также могут по-разному называться). Но ИТС может интегрироваться и с системами иных классов и более мелких масштабов. В каждом конкретном случае необходимо детальное обследование и проектирование интеграции в зависимости от целей и задач, которые, как предполагается, будут решаться системой.

Теперь для лучшего понимания сути ИТС рассмотрим несколько классификаций по разным принципам.

С точки зрения объекта управления ИТС можно разделить на следующие классы:

- 1) ИТС магистрали;
- 2) ИТС муниципального образования;
- 3) ИТС региона;
- 4) межрегиональная ИТС;
- 5) ИТС государства.

Под ИТС магистрали понимается система управления выделенной автомобильной магистралью или даже сетью автомобильных дорог, находящихся под управлением одного оператора и не находящихся в ведении каких-либо территориальных муниципальных образований. Обычно такая форма организуется для обособленных автомобильных дорог, обходящих стороной населённые пункты. Остальные типы ИТС относятся к территориальным образованиям различного размера.



С точки зрения интеграции с иными системами ИТС можно классифицировать следующим образом:

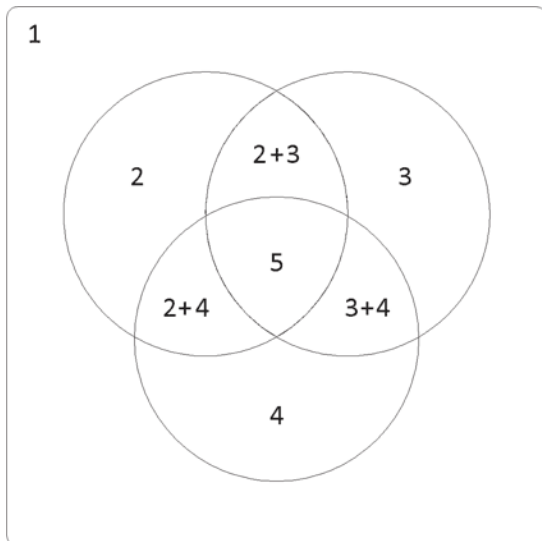
- 1) автономная ИТС;
- 2) ИТС, интегрированная со смежными системами своего территориального объекта;
- 3) ИТС, интегрированная с системами управления транспортом иных модальностей;
- 4) ИТС, интегрированная с другими ИТС смежных объектов;
- 5) полностью интегрированная ИТС.

Автономные ИТС не интегрируются и не взаимодействуют ни с какими иными системами. Они обычно строятся для отдельных автомобильных трасс, идущих вне населённых пунктов и не пересекающихся с другими транспортными линиями (в том числе и иных модальностей). К тому же в таком случае обычно оператор таких дорог сам исполняет функции по регулированию дорожного движения и спасению участников в случае чрезвычайных ситуаций. Автономные ИТС редки, и сегодня их создание, скорее, нецелесообразно.

Три следующих класса ИТС определяют варианты тех внешних систем, с которыми ИТС интегрируется. Собственно, пересечение таких классов даёт ещё четыре класса, главный из которых представляет собой полностью интегрированные ИТС, которые взаимодействуют со смежными системами своего территориального

объекта (например, с системами класса «Умный город»), с системами управления транспортом иных модальностей, а также с ИТС смежных территориальных единиц.

Этот способ классификации можно пояснить при помощи следующей диаграммы:



С точки зрения связности подсистем ИТС классифицируются следующим образом:

- 1) слабосвязанные ИТС;
- 2) сильносвязанные ИТС;
- 3) полносвязные ИТС.

Степень связности определяется как количество интеграционных потоков между подсистемами ИТС. В слабосвязанных ИТС подсистемы часто действуют автономно, независимо друг от друга, интеграционные потоки существуют только между некоторыми подсистемами и охватывают лишь самые важные технологические операции. С другой стороны, в полносвязных ИТС любая информация, зародившаяся в любой из подсистем ИТС, *может быть* использована в любой другой ИТС без необходимости создания дополнительного интеграционного потока.



С точки зрения полноты функциональности ИТС можно классифицировать следующим образом:

- 1) ИТС с единичными функциями и подсистемами;
- 2) ИТС с отдельными комплексами функций и подсистем;
- 3) полнофункциональные ИТС.

Честно говоря, ИТС с единичными функциями сложно назвать «ИТС» как таковой, поскольку это, скорее, отдельные автоматизированные системы управления (например, городская АСУДД). Однако часто в силу тех или иных причин частичной автоматизации транспорта в том или ином аспекте дают гордое наименование «Интеллектуальная транспортная система». Впрочем, этому может быть и иное объяснение – ИТС внедряется постепенно, а потому на первых этапах разворачиваются отдельные её компоненты и подсистемы. В этом случае главное – наличие единого концептуального проекта будущей системы, в рамках которого осуществляется постепенное внедрение. Поэтому в таком варианте ИТС как будто бы вырастает от единичных подсистем к полнофункциональной системе управления целой отраслью.



Наконец, с точки зрения способа интеграции подсистем ИТС можно классифицировать следующим образом:

- 1) интеграция осуществляется по принципу «точка–точка» между любыми двумя подсистемами ИТС, между которыми имеется межсистемное взаимодействие;
- 2) существует интеграционная платформа, но между некоторыми системами используется принцип интеграции «точка–точка»;
- 3) все подсистемы ИТС, а также внешние по отношению к ней системы интегрируются с ней при помощи унифицированных механизмов единой интеграционной платформы.



С учётом всех перечисленных способов классификации можно обрисовать «идеальную ИТС», которая представляет собой *полностью интегрированную, полносвязную и полнофункциональную ИТС на уровне всего государства, осуществляющую межсистемное взаимодействие при помощи унифицированных механизмов единой интеграционной платформы*. Это тот идеал, к которому необходимо стремиться при проектировании и развёртывании ИТС любого территориального объекта.



Данное в этой книге определение ИТС вполне операционно – его можно использовать для концептуального проектирования систем подобного класса на самом верхнем уровне абстракции. Взяв это определение за основу, можно начинать конкретизировать предназначение, функции и подсистемы ИТС для каждого специального случая. Но перед тем как представить читателю базовый каркас проекта ИТС на все случаи жизни, предлагается изучить ещё один основополагающий аспект – место ИТС в государстве.

Глава 2

МЕСТО ИТС В ГОСУДАРСТВЕ, НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

Рассматривая место ИТС в государстве, необходимо в первую очередь определить суть взаимоотношений государства, ИТС и её акторов. По отношению к ИТС государство выступает в трёх ипостасях:

- 1) потребитель сервисов;
- 2) провайдер услуг;
- 3) регулятор деятельности.

Для более полного понимания взаимодействия государства и ИТС, а также места ИТС в государстве имеет смысл рассмотреть эти аспекты более подробно.

Итак, государство как потребитель сервисов – эта ипостась означает, что государство использует ИТС для получения результатов её деятельности в собственных интересах и для достижения различных целей: от социальных до специальных и военных. Конечно, государство по отношению к ИТС является надсистемой, и если применять системный подход к изучению их взаимодействия, то ИТС будет иметь в рамках государства своё предназначение, которое представляет собой ту самую главную цель, ради которой ИТС создаётся и существует.

Транспорт является одной из базовых отраслей в экономике любого государства, поскольку движение товаров и материальных ценностей не может осуществляться без транспорта. Транспорт обеспечивает перемещение физических объектов в пространстве и является составной частью национальных и международных логистических систем. И именно такая особая роль транспортной отрасли в экономике общества всегда ставила транспорт в ряд важнейших аспектов деятельности государства. Развитие транспорта и транспортной инфраструктуры было одной из важнейших задач успешного государства на протяжении всей истории человеческой цивилизации от Древнего Рима с его великолепными для тех времён дорогами и иными способами перемещения грузов до современных государств с развитыми ИТС.

Это означает, что для повышения эффективности собственной деятельности современное государство должно стремиться к усилению всех отраслей экономики, в частности к повышению эффективности использования транспорта. Само собой разумеется, что внедрение и корректное использование ИТС может помочь в достижении этой цели, так как одной из основных предназначений ИТС является повышение эффективности использования транспортных линий.

Для более глубокого понимания того, как это может быть достигнуто, имеет смысл рассмотреть отдельные аспекты использования государством ИТС. К таким аспектам относятся:

- 1) транспортный;
- 2) технологический;
- 3) экономический;
- 4) экологический;
- 5) специальный;
- 6) социальный;
- 7) военный;
- 8) политический.

Кратко рассмотрим всё перечисленное для более глубокого понимания того, как государство использует транспортную отрасль для повышения собственной эффективности.

Транспортный аспект представляет собой непосредственное предназначение транспортной отрасли и лежит в основе всех остальных перечисленных аспектов. Само собой разумеется, что ИТС как система управления транспортной отраслью непосредственно участвует в реализации транспортного аспекта посредством предоставления сервисов по организации и управлению транспортом, перемещениями грузов и пассажиров, координации дорожного движения и всех вспомогательных услуг. Тем самым ИТС – эффективное и безопасное использование транспортной отрасли в государстве.

Технологический аспект подразумевает, что в процессе развития ИТС одновременно развивается и технологическое оснащение транспортной отрасли, а это, в свою очередь, ставит перед ИТС новые задачи, заставляя развиваться и её. Получается положительная обратная связь, когда информационно-коммуникационные технологии требуют развития транспорта, а развитие транспорта требует дальнейшего развития информационно-коммуникационных технологий. И такая технологическая гонка час-

то положительно сказывается и на общем экономическом развитии государства, и на развитии отдельных направлений науки и техники.

Транспорт является основой развитой экономики, а потому ИТС имеет ярко выраженный **экономический аспект**. Он заключается в том, что внедрение и использование ИТС будет иметь определённое воздействие на эффективность грузо- и пассажироперевозок, повышая транспортную доступность и увеличивая экономическую отдачу, поскольку в среднесрочной перспективе кумулятивно снижает системную стоимость перемещения в пространстве. Экономический эффект ИТС проявляется не только в существенном снижении стоимости килограммо-километра перевозок, но и в таких общих и системообразующих факторах, как увеличение эффективности перевозок и труда вообще, создание новых отраслей экономики, изменение баланса рабочих мест в сторону более инновационных, а также снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

Последний из перечисленных факторов также очень сильно влияет на **экологический аспект** ИТС, который необходимо выделить особо из-за крайне тесного взаимодействия транспортной отрасли и экологии. Не секрет, что транспорт является одним из очень негативных экологических факторов, причём воздействие на окружающую среду происходит системно – от процессов создания автомобильных дорог и транспортных средств до производства горюче-смазочных материалов, использования транспорта и его утилизации. При включении в состав транспортной отрасли ИТС к негативным факторам воздействия добавляются дополнительные: создание высокотехнологичных устройств («грязные производства»), повышенное энергопотребление, обеспечение работоспособности центров обработки данных и, опять же, утилизация отработавших устройств. С другой стороны, одной из задач ИТС является снижение негативного воздействия на окружающую среду, а потому при проектировании и реализации необходимо искать баланс в этом аспекте.

Специальный аспект ИТС заключается в том, что наличие интеллектуальных методов управления транспортом и прогнозирования развития дорожно-транспортной обстановки позволяет повысить эффективность различных государственных и муниципальных служб, которые пользуются в своей деятельности автомобильным транспортом или дорожной инфраструктурой.

В первую очередь это относится к службам быстрого реагирования – спасателям, пожарным, медикам, эксплуатирующим организациям служб жилищно-коммунального хозяйства. ИТС позволяет этим службам намного качественнее предоставлять свои сервисы гражданам и организациям.

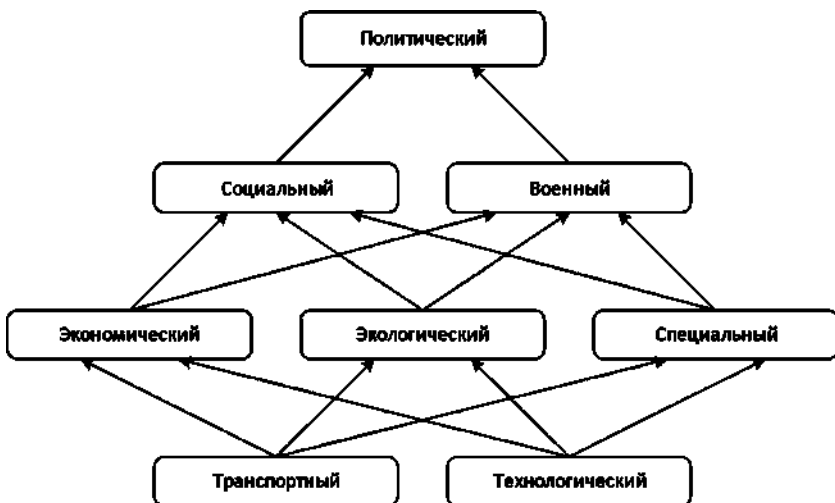
Все предыдущие аспекты ИТС делают вклад в следующий – **социальный аспект**, который обозначает то, что деятельность ИТС направлена на облегчение жизни и развитие общества. Наличие ИТС повышает общую транспортную доступность, что делает жизнь граждан государства легче. Технологии и развивающаяся инновационная экономика открывают новые рабочие места и предоставляют людям возможности по изучению новых областей и открытию собственного бизнеса в ранее недоступных или даже в принципе отсутствующих нишах. Наконец, снижение нагрузки на окружающую среду также способствует повышению качества жизни. Всё это и иные факторы должны делать ИТС в глазах общества привлекательной системой.

Однако другой важной функцией государства является защита граждан от внешней агрессии, и тогда на сцену выходит **военный аспект** ИТС. Его можно было бы отнести к специальному, однако традиционно военное ведомство любого государства довольно обособленно и представляет собой скорее *status in statu*, нежели обычную организацию. К тому же военные чаще всего закрывают свою деятельность завесой тайны, а потому использование ИТС для военных нужд даже в мирное время будет односторонним – информация об организации автомобильного транспорта и управлении им будет передаваться из ИТС военным, однако в обратном направлении никаких информационных потоков идти не будет, либо они будут анонимизированы до крайней степени. Но при этом ИТС вполне может реализовывать некоторые специальные закрытые функции, находящиеся в особом контуре внутренней защиты, и эти функции будут использоваться именно военными и другими силовыми ведомствами.

Наконец, нельзя отрицать такой аспект, как **политический**. Во-первых, наличие ИТС и использование всех ранее описанных её аспектов позволяет получать определённые политические выгоды, как используя тезисы популизма, так и напрямую применяя функции ИТС для достижения политических целей. Во-вторых, само создание ИТС изначально может быть предназначено

исключительно ради получения политических дивидендов, в то время как остальные её функции рассматриваются как «побочные эффекты». Более того, все ранее рассмотренные аспекты делают весомый вклад в то, что государственная власть будет использовать ИТС в политических целях.

Все вышеперечисленные аспекты могут быть сведены вместе в виде следующей диаграммы:



Здесь стрелками показано, что нижележащие аспекты «питают» вышележащие, предоставляя на их уровень информацию и воздействия, позволяющие использовать вышележащий аспект. При этом необходимо учесть, что нижние уровни аспектов передают воздействия на все вышележащие уровни.

Например, развитие транспортных и обеспечивающих технологий «питает» экономический аспект, создавая новые технологические цепочки и экономические отношения, организуя рабочие места, изменяя экономический уклад. Экономический аспект напрямую воздействует на социальный, так как уровень жизни повышается, жизненная сила населения высвобождается для решения более серьёзных задач. Социальный аспект используется на самом высоком уровне, так как позволяет достигать политических целей путём влияния на общество.



Следующей ипостасью государства в рамках взаимодействия с ИТС является роль «провайдер услуг». Государство, владея системой и, в особенности, большей частью инфраструктуры, на которой система развёрнута или которой система управляет, представляет собой центрального провайдера всех функций ИТС в сторону всех потребителей (и соответственно в сторону самого себя). В этом нет ничего удивительного, поскольку государство само по себе представляет собой многоплановую и многоаспектную социотехническую систему, а потому деятельность отдельных её элементов может выполняться в качестве функции для других элементов. Поэтому в рассматриваемой ипостаси государство содержит отдельные органы исполнительной власти или организации, предназначение которых – исполнение отдельных или даже всех функций ИТС.

Можно классифицировать функции государства в отношении предоставления услуг ИТС на:

- 1) приносящие доход (доходные функции);
- 2) являющиеся чисто расходными (расходные функции).

С другой стороны, все функции ИТС можно разделить на:

- 1) прямые – все функции, которые напрямую связаны с функционированием ИТС и процессом предоставления ею услуг;
- 2) обеспечивающие – функции, которые поддерживают процессы деятельности ИТС, но при этом не задействованы в прямом использовании ИТС её акторами.

Эти две системы классификации являются ортогональными, а поэтому можно составить матрицу с четырьмя квадрантами следующего вида:

		Функции по назначению	
		Прямые	Обеспечивающие
Функции по доходности	Доходные	Государственно-частное партнёрство, аутсорсинг	Выполнение в пользу бюджета
	Расходные	Делегирование, выполнение за счёт бюджета	Выполнение за счёт бюджета

В квадрантах представленной матрицы записаны основные варианты методов исполнения соответствующих функций.

Прямые доходные функции ИТС возникают там, где в отношении использования инфраструктуры ИТС и смежных систем

применяется принцип «пользователь платит». Другими словами, это взимание платы с акторов ИТС за те сервисы, которые она предоставляет. В качестве примеров можно привести взимание платы за проезд через путепровод, по автомобильной дороге, за перевозку тяжеловесных грузов, за пользование парковкой. Обычно такие функции предоставляются коммерческими агентами в рамках государственно-частного партнёрства. Негосударственная организация или симбиоз государства и бизнеса инвестирует в реализацию функции ИТС, за использование которой в дальнейшем осуществляется сбор платы. На практике используется ряд различных методов организации государственно-частного партнёрства от инвестиционного контракта до концессии.

Обеспечивающие доходные функции обычно связаны либо с небольшой маржинальностью, что редко интересно для коммерческого сектора, либо со слишком большими «хлопотами» по исполнению. Например, такой функцией может быть выпуск и обслуживание единых транспортных карт, что, в общем-то, является делом доходным, поскольку такие карты используются пользователями для оплаты услуг, но их количество и низкая маржинальность работы с каждой отдельной картой делают эту функцию малопривлекательной для бизнеса. Поэтому подобные функции государство часто берёт на себя, используя для их исполнения специальные организационные формы, позволяющие собирать деньги в бюджет какого-либо уровня или субъекта. Впрочем, передача таких функций на аутсорсинг коммерческой организации или же организация государственно-частного партнёрства тоже вполне возможна.

Рассмотрим **прямые расходные** функции – это такие функции, которые ИТС напрямую предоставляет своим акторам, но которые не приносят дохода. Например, это функция информирования участников дорожного движения при помощи табло отображения информации, мобильных приложений либо ещё как-то. Это важная социальная функция, которая позволяет участникам дорожного движения более точно планировать свои перемещения. Но никто не готов платить за эту функцию. Тем не менее её наличие делает ИТС привлекательной для акторов. Поэтому обычно государство даёт реализацию таких функций «в нагрузку» к прямым доходным функциям, делегируя их тем же коммерческим организациям, которые исполняют доходные функции в рамках государственно-частного партнёрства. Но иногда государство также

может взять такие функции на себя и выполнять их за счёт расходной части бюджета.

Наконец, **обеспечивающие расходные** функции обычно полностью ложатся на расходную часть бюджета государства. Их выполнение может поручаться коммерческим агентам, однако оплата за их исполнение производится в рамках стандартного законодательства о государственных закупках. В качестве примера можно привести содержание, ремонты и капитальные ремонты искусственных сооружений – без мостов и путепроводов транспортное сообщение будет разорвано, а потому их содержание крайне важно, но это обеспечивающая функция для поддержания инфраструктуры ИТС, а потом государство выполняет её в качестве заботы о создании приемлемого для жизнедеятельности пространства путём перераспределения доходов на расходную деятельность, за которую в противном случае никто не возьмётся из-за отсутствия краткосрочных перспектив возврата инвестиций.

Таким образом, государство либо само (через свои органы), либо посредством делегирования и аутсорсинга предоставляет сервисы ИТС всем заинтересованным субъектам.



Наконец, государство как надсистема, в рамках которой функционирует ИТС, определяет условия такого функционирования. Тем самым государство выступает в ипостаси регулятора деятельности как самой ИТС, так и её акторов. В каком-то смысле это важнейшая ипостась государства во взаимодействии с ИТС, так как при грамотном подходе при помощи регулирования можно решить множество проблемных вопросов, не прибегая к техническим средствам.

Регулирование деятельности со стороны государства затрагивает многие аспекты функционирования ИТС. Государство выпускает нормативные правовые акты различного уровня для обеспечения единого понимания предназначения, функций и задач ИТС. Также выпускаемые государством регуляторные документы охватывают и смежные с функционированием ИТС вопросы, в основном касающиеся обеспечивающей деятельности как самого государства, так и конкретных акторов.

Чтобы не рассматривать эту ипостась государства абстрактно, имеет смысл перечислить основные классы нормативных право-

вых актов, регулирующая сила которых имеет отношение к ИТС. К таковым относятся:

- 1) законы, имеющие обязательный характер для всех акторов, участвующих в регулируемой деятельности;
- 2) административные и технические регламенты, регламентирующие выполнение отдельных видов деятельности со стороны организационных единиц самого государства;
- 3) правила пользования функциями ИТС и её обеспечивающей инфраструктурой, которые распространяются на всех потребителей сервисов ИТС;
- 4) политики, ограничивающие характеристики отдельных показателей деятельности провайдеров сервисов, входящих в состав ИТС;
- 5) стандарты, нормы и правила, методические рекомендации, специальные технические условия и прочие нормативные документы, охватывающие вопросы проектирования, реализации, внедрения и сопровождения отдельных подсистем и элементов ИТС.

Законы определяют общие принципы взаимодействия акторов и ИТС, описывают возникающие в процессе такого взаимодействия юридически значимые отношения и обрисовывают рамки ответственности акторов друг перед другом и перед государством как главным регулятором. В качестве примера закона, имеющего непосредственное отношение к ИТС, можно привести Федеральный закон Российской Федерации от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности». Этот закон регулирует отношения, возникающие в связи с использованием автомобильных дорог, в том числе и на платной основе, и осуществлением дорожной деятельности. Он распространяется на все автомобильные дороги независимо от их форм собственности и значения.

Регламенты описывают технологические процессы (бизнес-процессы), которые исполняют акторы ИТС при взаимодействии друг с другом и с элементами ИТС. Обычно регламенты являются нормативными актами, имеющими силу для конкретных организаций, чаще всего выполняющих какую-либо функцию в рамках ИТС. Такие документы довольно подробно расписывают правила, права, обязанности и возможные альтернативы действий должностных лиц при выполнении ими государственных или административных функций. В качестве примера можно привести Административный регламент Министерства внутренних дел

Российской Федерации исполнения государственной функции по контролю и надзору за соблюдением участниками дорожного движения требований в области обеспечения безопасности дорожного движения, введённый в действие приказом МВД от 02.03.2009 № 185. Он распространяет своё действие только на сотрудников МВД, участвующих в организации дорожного движения.

Правила похожи на законы и регламенты одновременно. На законы они похожи потому, что государство их выпускает для регулирования деятельности акторов, часто не находящихся в прямом ведении государства или его органов. На регламенты они похожи потому, что в правилах описываются конкретные последовательности действий, ограничения и условия пользования функциями ИТС, её инфраструктурой и вспомогательными компонентами. При этом правила обычно намного уже законов, так как применимы только в очень узких ситуациях. В качестве примера можно привести Правила дорожного движения, которые введены в действие на территории Российской Федерации постановлением Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090. Это постановление распространяет своё действие только на участников дорожного движения (более узкая группа лиц, нежели те, чья деятельность регулируется Федеральным законом «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности»), но при этом такие участники дорожного движения в общем смысле не находятся в прямом подчинении государства.

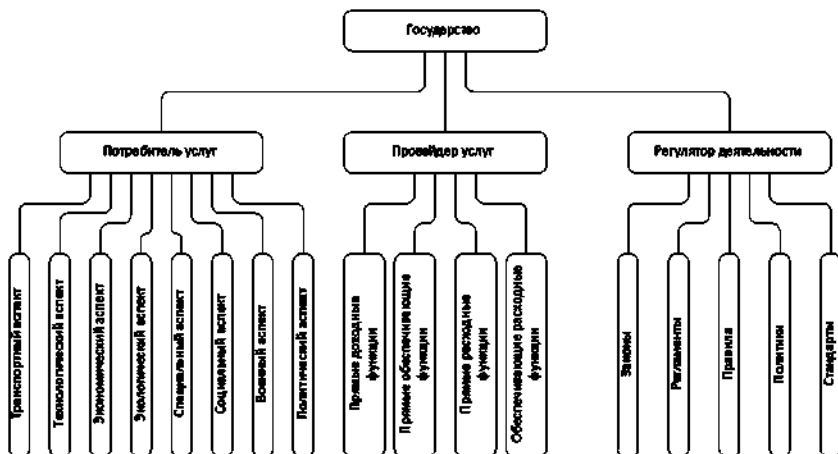
Политики похожи на регламенты, но больше определяют набор принципов при взаимодействии актора с другими акторами. Если регламент описывает чёткий бизнес-процесс, то политика определяет общие рамки, ограничения и условия взаимодействия. Политики часто определяются внутренними нормативными документами акторов, но иногда назначаются государством, особенно если дело касается оказания государственных услуг или оказания услуг государственными организациями. Также политики могут иметь ограниченную административно или территориально область применения. В частности, в отдельно взятом регионе государства может быть введена в действие градостроительная политика, которая в том числе определяет принципы развития улично-дорожной сети городов и построение на ней ИТС. Другим примером может являться тарифная политика для операторов платных автомобильных дорог или иных платных объектов дорожной инфраструктуры.

Наконец, *стандарты, нормы и правила* определяют конкретные способы проектирования, реализации и сопровождения отдель-

ных элементов ИТС и поддерживающей инфраструктуры. Эти документы выпускаются специальным государственным органом, ответственным за стандартизацию и унификацию. Этот же орган может контролировать соответствие выпущенных проектов и реализованных систем установленным стандартам, но в иных случаях контроль может быть передан иным организациям. Смысл наличия таких регулирующих норм состоит в том числе и в том, чтобы максимально повысить безопасность проектируемых и эксплуатируемых систем. Поскольку стандарты основаны на строгих расчётах, прошедших проверку опытом, то их использование позволяет минимизировать многие риски. В Российской Федерации действуют многочисленные стандарты на строительную часть, есть рекомендательные стандарты на разработку автоматизированных систем (ГОСТ 34-й серии), но как таковой единой системы стандартов на ИТС до сих пор не разработано, хотя есть отдельные документы под очень узкие наборы элементов и подсистем. Единственным полноценным стандартом на ИТС, который существует на текущий момент в мире, является стандарт Департамента транспорта США.



Итак, во взаимодействии с ИТС и её акторами государство выступает в трёх ипостасях. Кратко подвести итоги этой главы можно при помощи следующей диаграммы, структурирующей и объединяющей всё то, что было изложено ранее:



Глава 3

ФУНКЦИИ ИТС

ИТС – это очень большая система, в которой переплелись самые разные аспекты её применения. Это, в свою очередь, означает, что ИТС осуществляет большой набор функций, которые можно объединять по различным принципам и декомпозировать до «атомарных» видов деятельности. На самом верхнем уровне иерархии функций находится *предназначение* ИТС, то есть её основная функция в рамках надсистемы, в состав которой входит ИТС. Ниже находятся всё более и более частные функции. Самое главное заключается в том, что вся иерархия функций ИТС может быть наложена на средства автоматизации, выражаемые в видах обеспечения системы. Всё это и будет детально рассмотрено в настоящей главе.

Начнём с предназначения ИТС. Оно следует из определения и заключается в *предоставлении участникам транспортной отрасли сервисов и функций для удовлетворения потребностей в безопасных и эффективных перевозках пассажиров и грузов*. Все остальные функции следуют из предназначения и могут быть разделены на следующие общие классы функций:

- 1) монетизируемые;
- 2) социальные;
- 3) обеспечивающие;
- 4) прочие;
- 5) интеграционные.

Для визуализации в целях усиления понимания здесь и далее будут приводиться классификационные диаграммы, всё детальнее и детальнее раскрывающие уровни функциональности ИТС. Таким образом, диаграмма самого верхнего уровня выглядит следующим образом:



Теперь рассмотрим все эти классы функций более подробно.

Монетизируемые функции обеспечивают поступление денежных средств от акторов ИТС, поскольку соответствуют таким сервисам, за которые пользователи готовы (или вынуждены в силу тех или иных причин) платить. С точки зрения экономики государства такие функции ИТС выделяются в главный класс, поскольку при помощи их исполнения и соответствующего взимания платы возможно как обеспечить выполнение функций других классов, так и осуществить общее поддержание ИТС в исправном и готовом для эксплуатации состоянии.

Монетизируемые функции ИТС перечислить достаточно легко в силу их небольшого числа:

- 1) взимание платы за проезд транспортных средств по платным элементам инфраструктуры;
- 2) взимание платы за проезд отдельных категорий транспортных средств;
- 3) взимание платы за использование парковочных мест;
- 4) взимание штрафов за нарушение правил дорожного движения и правил перевозки грузов, правил перевозки пассажиров и иных правил;
- 5) взимание платы за проезд на пассажирском транспорте;
- 6) взимание платы за иные полезные для пользователей услуги.

Все перечисленные монетизируемые функции в том или ином виде завязаны на осуществление определённых физических операций по передаче денежных средств от одного лица другому. Это может быть передача наличных или оплата со счёта. Режим исполнения функции может быть непосредственным или отложенным. Транзакция может оформляться специальным образом либо обеспечиваться минимальным набором документов в виде обычного фискального чека. Но все виды и варианты этих функций сводятся к одному – к финансовой транзакции.

Диаграмма декомпозиции монетизируемых функций выглядит следующим образом:



Функция взимания платы за проезд транспортных средств по платным элементам инфраструктуры может, в свою очередь, быть декомпозирована по типу платного объекта, за проезд по которому взимается плата. Выделяется три типа таких объектов и, соответственно, три подфункции:

- 1) взимание платы за проезд по платному объекту инфраструктуры (мосту, путепроводу, тоннелю);
- 2) взимание платы за проезд по платной автомобильной дороге;
- 3) взимание платы за въезд в зону платного движения.

Детализация перечисленных подфункций производится уже в рамках конкретных требований к ИТС. Тут может быть не-

которое количество разных способов разбиения – по уровням деятельности и контроля, по способам взимания платы, по каким-либо другим критериям. Детально эти вопросы рассматриваются при описании системы взимания платы в следующей главе.

Функция взимания платы за проезд отдельных категорий транспортных средств обычно используется для получения дополнительного дохода в счёт возмещения ущерба автомобильным дорогам и объектам придорожной инфраструктуры. Обычно эта функция используется для ограничения провоза грузовым транспортом тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов по дорогам общего пользования. Другими словами, функция применяется выборочно к определённым классам транспортных средств, классифицированных тем или иным образом (по количеству осей, по грузоподъёмности и др.). Для реализации этой функции в составе ИТС внедряется специализированная система контроля.

Функция взимания платы за использование парковочных мест также может быть разделена на два подтипа в зависимости от вида парковочного пространства. С одной стороны, могут использоваться площадные парковки различных типов (привязанная к объекту притяжения, перехватывающие), а с другой – линейные непосредственно у обочин автомобильных дорог на улично-дорожной сети. Реализация подтипов этой функции различается от выбранного типа парковочного пространства. И опять же в составе ИТС для реализации этой функции используется специализированная система.

Функция взимания штрафа за нарушение правил подразделяется на подфункции по принципу того, какие правила нарушаются. Обычно непосредственными правилами являются правила дорожного движения, и за их нарушение штрафы взимаются с участников дорожного движения – водителей транспортных средств, велосипедистов или пешеходов. Однако существуют и иные правила, которые имеют непосредственное отношение к области деятельности ИТС. В первую очередь это правила перевозки опасных (радиационных, химических, биологических) грузов, а также правила перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов. Ещё существуют правила перевозки пассажиров, правила оказания платных услуг в области дорожной деятельности и другие правила. Наказание за их неисполнение регулирует

ется различными кодексами и законами, а процесс взыскания штрафа осуществляется специальным органом государственной власти или делегируется юридическому лицу. В любом случае, ИТС предоставляет интегрированные инструменты для осуществления этой функции.

Функция взимания платы за проезд на пассажирском транспорте используется при оказании услуг перевозки пассажиров. Дальнейшая декомпозиция этой функции может производиться по классу перевозчиков (государственные, муниципальные, ведомственные и коммерческие перевозчики) и типу транспортных средств (рельсовый, безрельсовый и электрический транспорт). Акторами этой функции являются пассажиры и перевозчики, а регулятором выступает государство. В составе ИТС имеются подсистемы, которые предоставляют возможности по полной автоматизации этой функции в централизованном режиме.

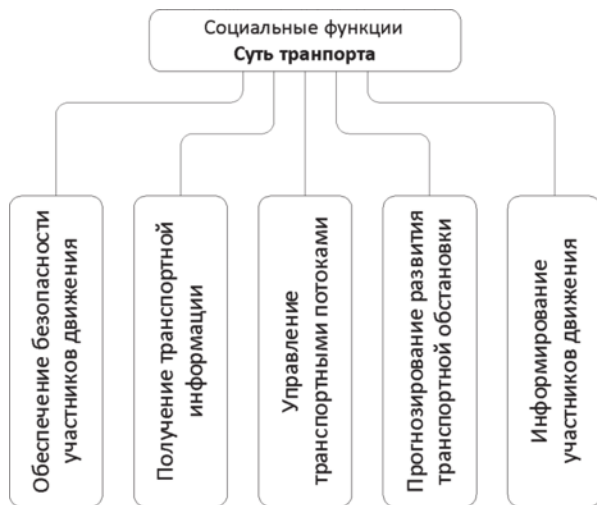
Наконец, ИТС может выполнять и иные монетизируемые функции, не вошедшие в предыдущие описанные пять классов. В каждом конкретном случае исполнение таких функций требует создания отдельных подсистем. Их структура и взаимосвязи с другими подсистемами ИТС будут схожи с подсистемами, реализующими предыдущие монетизируемые функции.

Социальные функции ИТС представляют собой важные функции, которые требуются для успешной деятельности системы и всех её акторов, но при этом получение оплаты за выполнение функций с акторов не предполагается. Социальные функции идут как бы в нагрузку к монетизируемым, и многие акторы воспринимают их как «сами собой разумеющиеся». Само функционирование ИТС часто основано именно на социальных функциях. Другими словами, государство предоставляет эти функции ИТС другим акторам системы, поскольку они позволяют использовать саму транспортную отрасль и тем самым выполнять монетизируемые функции.

Социальные функции ИТС можно перечислить в следующем порядке:

- 1) обеспечение безопасности участников движения;
- 2) получение транспортной информации;
- 3) управление транспортными потоками;
- 4) прогнозирование развития транспортной обстановки;
- 5) информирование участников движения.

Диаграмма декомпозиции социальных функций выглядит так:



Функция по обеспечению безопасности участников движения, в свою очередь, подразделяется на подфункции по классу объектов, на которых обеспечивается безопасность:

- 1) обеспечение безопасности дорожного движения;
- 2) обеспечение безопасности на транспорте;
- 3) обеспечение безопасности на объектах транспортной инфраструктуры.

Все перечисленные подфункции относятся к так называемой *транспортной безопасности*, которая обычно регулируется при помощи законов и правил государства, так как обеспечение безопасности граждан в различных аспектах их деятельности является одной из непосредственных задач государства. Другими словами, государство реализует свои функции по обеспечению транспортной безопасности через отдельные подсистемы ИТС. Соответственно, в составе архитектуры ИТС должны быть предусмотрены подсистемы для решения этих задач.

Функция получения транспортной информации декомпозируется на подфункции по типу транспортной информации:

- 1) получение информации о параметрах транспортных потоков;
- 2) получение информации о движении подвижных единиц различных служб;

- 3) получение информации об использовании транспортной инфраструктуры;
- 4) получение смежной информации, влияющей на транспортные потоки.

Для каждого из перечисленных типов получаемой информации используются определённые автоматические устройства, которые либо с какой-то периодичностью, либо по запросу, либо по факту изменения параметров транспортной информации передают в определённую подсистему ИТС новые значения, мониторинг которых осуществляют. Та подсистема, которая агрегирует и ведёт соответствующий тип транспортной информации, должна предоставлять для остальных подсистем ИТС механизмы для получения как точечных значений, так и срезов по различным аспектам. Таким образом, в архитектуре ИТС должны быть предусмотрены и системы сбора и мониторинга транспортной информации, и интеграционные потоки для её дальнейшего распространения и использования.

Функция управления транспортными потоками достаточно широкая, и в первую очередь её необходимо разбить на две подфункции:

- 1) прямое управление транспортными потоками;
- 2) косвенное управление транспортными потоками.

Косвенное управление в большей мере связано с информированием водителей транспортных средств, грузоперевозчиков и других непосредственных участников дорожного движения. Оно основано на своевременном предоставлении достоверной информации о транспортной обстановке по маршрутам следования, а также о вариантах маршрутов с их логистическими характеристиками. Поэтому имеет смысл рассматривать только прямое управление как непосредственное воздействие на акторов дорожного движения по отдельности и на транспортные потоки в целом. Одной из центральных подсистем ИТС является Автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД), предназначением которой и является прямое управление транспортными потоками.

Функция прогнозирования развития транспортной обстановки декомпозируется по горизонту прогноза:

- 1) краткосрочное прогнозирование;

- 2) среднесрочное прогнозирование;
- 3) долгосрочное прогнозирование.

Само собой разумеется, что в составе ИТС должна быть транспортная модель и другие инструменты анализа и прогнозирования. Все эти средства должны получать данные как из источников внутри самой ИТС, так и из смежных систем, а прогнозы и результаты моделирования должны передаваться всем заинтересованным акторам. В разделе, посвящённом описанию архитектуры ИТС, эти вопросы рассматриваются более подробно.

Наконец, функция информирования участников движения может быть декомпозирована по способу и месту информирования. В частности:

- 1) информирование водителей;
- 2) информирование пассажиров на транспорте;
- 3) информирование участников дорожного движения при помощи мобильных устройств.

Вполне могут быть и иные функции информирования акторов ИТС, поскольку в составе ИТС имеется большое количество подсистем, а каждая из них может иметь своих акторов и выполнять функции их информирования. Здесь выделены только наиболее значимые подфункции информирования, которые наиболее серьёзно влияют на транспортные потоки и отдельных субъектов дорожного движения.

Большим классом функций ИТС являются так называемые *обеспечивающие функции*. Они названы так по той простой причине, что являются как бы внутренними и направлены на персонал системы, а не на внешних акторов, но результаты их работы требуются для выполнения основной деятельности ИТС. Поэтому сами по себе такие функции являются важной частью полной функциональности ИТС и непременно должны детально рассматриваться при проектировании систем этого класса.

Все обеспечивающие функции можно разделить на следующие типы:

- 1) стратегическое управление;
- 2) управление предприятием;
- 3) управление производством;
- 4) обеспечение безопасности деятельности;
- 5) прочие обеспечивающие функции.

Диаграмма декомпозиции этих функций выглядит так:



Поскольку эти типы функций очень инклюзивны, имеет смысл более подробно рассмотреть каждую из них.

Функция стратегического управления предназначена для предоставления инструментов руководителям высшего звена транспортной отрасли и головных предприятий, входящих в неё, для прогнозирования изменения среды, стратегического планирования деятельности и выработки решений. Эту функцию далее можно декомпозировать на следующие подфункции:

- 1) анализ и отчётность;
- 2) доведение информации и контроль исполнения задач;
- 3) поддержка принятия решений.

В составе ИТС обычно имеется блок информационных и автоматизированных систем, которые предназначены для руководящего состава оператора ИТС и смежных организаций, а также для автоматизации деятельности отдельных обеспечивающих подразделений, выполняющих контрольные и аналитические функции. В таких системах перечисленные функции и их подфункции реализуются чаще всего.

Функция управления предприятием охватывает всю деятельность персонала ИТС, который находится в обеспечивающих подразделениях организаций, задействованных в функционировании ИТС. К таким подразделениям относятся такие, как бухгалтерия, отдел кадров, маркетинг, управление финансами, юридический отдел и др. Декомпозировать функцию управления предприятием можно следующим образом:

- 1) финансовое управление;
- 2) налогообложение и бухгалтерский учёт;
- 3) кадровый учёт;
- 4) материально-технический учёт;
- 5) маркетинг и PR;
- 6) закупочная деятельность;
- 7) юридическое обеспечение деятельности.

Как видно из перечисленных функций, все они относятся именно к обеспечивающей деятельности вспомогательных подразделений, так называемому «бэк-офису». Для автоматизации функционирования бэк-офиса обычно уже имеется большое количество готовых вариантов информационных систем, так что при построении ИТС обычно производится выбор оптимального варианта и его встраивание в состав подсистем ИТС. При проектировании архитектуры ИТС необходимо иметь в виду этот аспект и выдвигать требования к готовому решению, чтобы не тратить ресурсы на разработку нового.

Функция управления производством охватывает наиболее широкую область обеспечивающей деятельности. Сюда входят все виды работ по развитию ИТС, а также по содержанию автомобильных дорог и искусственных сооружений, эксплуатации инфраструктуры ИТС и т. д. В целом эту функцию можно декомпозировать на подфункции следующим образом:

- 1) развитие ИТС;
- 2) содержание автомобильных дорог и искусственных сооружений;
- 3) эксплуатация инфраструктуры ИТС;
- 4) эксплуатация элементов ИТС.

Диаграмма декомпозиции функции управления производством выглядит так:



Каждая из этих функций, в свою очередь, может быть декомпозирована дальше, поскольку все они всё ещё представляют собой довольно широкие направления. Имеет смысл рассмотреть дальнейшую декомпозицию каждой функции.

Функция развития ИТС используется для планирования работ по проектированию, реализации и сопровождению новых элементов ИТС при реализации движения в направлении *идеальной ИТС*. Для этого в ней собирается информация о потребностях, используются результаты моделирования и планируются работы по модернизации ИТС, её элементов и функциональности. Эта функция направлена на саму ИТС и её развитие, и это одна из немногих функций системы, чьим объектом управления является сама система.

Содержание автомобильных дорог и искусственных сооружений заключается в выполнении следующих подфункций:

- 1) мониторинга состояния;
- 2) обеспечения потребительских характеристик;
- 3) организации текущего и капитального ремонта;
- 4) оценки качества.

Эксплуатация инфраструктуры ИТС и эксплуатация элементов ИТС заключается в выполнении таких подфункций:

- 1) мониторинга состояния;
- 2) технического обслуживания;

- 3) ремонта;
- 4) оценки качества.

Само собой разумеется, что в составе ИТС должны быть соответствующие подсистемы, которые реализуют эти функции. Вполне возможно, что набор функциональности для эксплуатации инфраструктуры и элементов ИТС можно совместить в одинаковых подсистемах, но это вопрос архитектуры конкретной реализации.

Теперь перейдём к функции обеспечения безопасности деятельности. Её можно декомпозировать по типам опасности, от которых производится защита:

- 1) обеспечение физической безопасности;
- 2) обеспечение экономической безопасности;
- 3) обеспечение информационной безопасности;
- 4) обеспечение внутренней безопасности.

Под физической безопасностью понимается защита от противоправных действий людей и материальных ресурсов, в том числе информации на материальных носителях. В применении к ИТС это обозначает защиту не только персонала и инфраструктуры самой ИТС, но и внешних акторов – пользователей автомобильных дорог (водители, пассажиры, пешеходы и др.), их транспортные средства и перевозимые грузы.

Экономическая (или финансовая) безопасность в приложении к ИТС проявляется в том, что должен обеспечиваться стабильный доход, который покрывает не только расходы на текущую деятельность ИТС во всех её аспектах, но и предполагает наличие возможности устойчивого развития. Функция обеспечения экономической безопасности тесно связана с монетизируемыми функциями ИТС и в большей степени направлена на обеспечение непрерывности их выполнения, на недопущение мошенничества со стороны как внешних акторов, так и собственного персонала, а также на тщательное финансовое планирование текущих и будущих расходов.

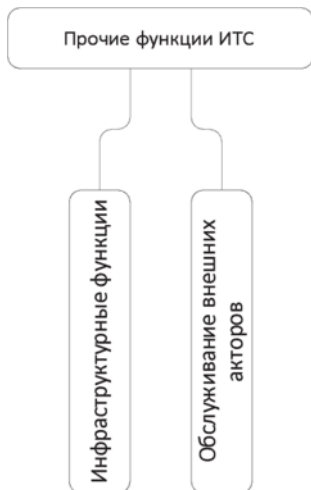
Информационная безопасность – это не только исполнение предписаний регуляторов в области охраны частной жизни и персональных данных акторов ИТС и её персонала, но и защита конфиденциальной и секретной информации, защита сетей связи, аппаратно-технических, программных и информационных компонентов ИТС от несанкционированного доступа, защита подсистем ИТС от некорректного использования и «взло-

ма» в целях вывода из работоспособности. Информационная безопасность очень тесно переплетается с физическим и экономическим аспектами комплексного обеспечения безопасности в составе ИТС. И это связано в том числе и с тем, что ИТС осуществляет сбор, хранение и переработку огромных массивов информации.

Наконец, обеспечение внутренней безопасности – это так называемый «режим» для сотрудников ИТС. Ведь давно известно, что все другие аспекты безопасности – физический, экономический, информационный – очень легко взламываются тогда, когда у злоумышленника есть доступ к персоналу системы, либо кто-то из персонала сам является злоумышленником. Поэтому в составе ИТС должны быть функции для обеспечения внутренней безопасности, и этот аспект безопасности функционирования ИТС лежит в основе всех других аспектов.

В класс прочих обеспечивающих функций могут относиться другие функции бэк-офиса, которые не вошли в предыдущие описанные классы. В зависимости от специфических потребностей на конкретном объекте в состав таких функций могут включаться, например, функции по предоставлению пользователям автомобильных дорог дополнительных смежных сервисов, не входящих напрямую в перечень сервисов и видов деятельности ИТС. Так, к примеру, обеспечение точного геопозиционирования при помощи размещения дополнительных наземных ретрансляторов может быть отнесено к прочим обеспечивающим функциям.

В состав *прочих функций* ИТС обычно включаются разрозненные виды деятельности, которые сложно включить в любой из предыдущих разделов. В частности, сюда относятся все инфраструктурные функции, такие как обеспечение связи и электроснабжение. Также в прочие функции можно включать обслуживание внешних акторов ИТС в различных аспектах – приём и диспетчеризация звонков, распространение товаров, не связанных с прямым предназначением ИТС. Таким образом, верхняя диаграмма декомпозиции прочих функций ИТС выглядит следующим образом:



Для каждой из таких функций в состав ИТС должна включаться специализированная информационная или автоматизированная система, которая помогает повысить эффективность выполнения процесса, связанного с соответствующим блоком функциональности. Кроме того, само собой разумеется, что в состав прочих функций ИТС можно включать и другую функциональность, которая требуется в каждом конкретном случае, но не может быть включена в состав ранее рассмотренных блоков.

Наконец, центральным элементом ИТС, её, можно так выразиться, «ядром» является интеграционная подсистема, которая осуществляет набор *интеграционных функций*, основными из которых являются следующие:

- 1) обеспечение синхронного взаимодействия;
- 2) обеспечение асинхронного взаимодействия;
- 3) обеспечение единого доступа персонала.

При этом надо отметить, что в отдельных случаях, как это указано ранее при рассмотрении варианта классификации ИТС по способам интеграции, некоторые системы как в составе ИТС, так и являющиеся для неё внешними, могут интегрироваться в обход единой интеграционной платформы по методу «точка–точка». Хотя, конечно же, количество использования этого метода должно минимизироваться.



Надо отметить, что все перечисленные ранее крупные классы функций могут исполняться обычными автоматизированными системами управления. Поскольку здесь речь ведётся про интеллектуальную систему управления, необходимо явным образом подчеркнуть, что именно делает ИТС интеллектуальной. Ведь это должна быть не просто декларация о том, что при реализации подсистем и элементов ИТС необходимо пользоваться методами искусственного интеллекта, но и реализовывать функциональность ИТС специальным образом. Далее описываются свойства функций ИТС, которые должны применяться при проектировании и реализации подсистем.

Итак, функциональность ИТС должна обладать следующими свойствами:

- 1) интерпретация получаемых данных «на лету»;
- 2) диагностика своего состояния;
- 3) мониторинг состояния объекта управления;
- 4) моделирование и прогнозирование будущих состояний объекта управления и своего собственного;
- 5) планирование реакции на будущие состояния;
- 6) самообучение и обучение с учителем;
- 7) управление в различных режимах;
- 8) поддержка принятия решений в экстренных случаях.

Чем больше из перечисленных свойств реализует функция, тем более «интеллектуальной» она может считаться. Можно обратить внимание, что практически все эти свойства в той или иной мере подходят под характеристики естественного интеллекта, то есть характеризуют интеллектуальных агентов, взаимодействующих друг с другом вполне рациональным образом. Так что при реализации этих свойств в рамках функциональности подсистем ИТС будет осуществляться повышение степени общей интеллектуальности ИТС.

Большая часть рассмотренных ранее функций ИТС, особенно такие, которые связаны с мониторингом состояния объекта управления, получают большие массивы данных для обработки и дальнейшего использования либо непосредственно в принятии решений, либо для сохранения в архиве с целью моделирования

и прогнозирования дальнейшего развития соответствующих объектов управления. *Интерпретация получаемых данных «на лету»* подразумевает тот самый анализ «больших данных» в применении к предназначению, целям и задачам ИТС, поиск и выявление закономерностей в состояниях объекта управления, использование таких находок в таких направлениях, как моделирование, прогнозирование, самообучение и управление.

При выполнении своей функциональности как в рамках отдельных подсистем ИТС, так и в сквозных автоматизированных процессах управления должна быть предусмотрена возможность *диагностики* своего собственного состояния. Это относится как к работоспособности отдельных элементов и подсистем, так и к правильности выполнения функций и задач на любом уровне декомпозиции. При появлении признаков нарушения работоспособности (будь то выход из строя какого-либо технологического оборудования, разрыв каналов связи или ещё какая-либо поломка) ИТС должна принимать меры по собственному исправлению и исключению отклонений от заданного режима работы. Самодиагностика – это важный элемент интеллектуальности, и он, в свою очередь, также основан на постоянном анализе и интерпретации данных о состоянии своих элементов.

Так же, как и в отношении своего собственного состояния, ИТС должна осуществлять *мониторинг* объекта управления, всех его подсистем, частей и элементов. Само собой разумеется, что в каждой подсистеме ИТС имеется свой собственный объект управления, комплекс которых составляет сводный объект управления всей ИТС. Так что для повышения общей степени интеллектуальности системы мониторинг состояния объекта управления должна осуществлять каждая подсистема. Впрочем, чаще всего это происходит в рамках прямой функциональности каждой системы. Так же, как и в случае диагностики, мониторинг основан на анализе и интерпретации данных «на лету», а сам по себе является основой для моделирования и прогнозирования будущих состояний.

Следующим важнейшим свойством функциональности ИТС должна быть возможность *моделирования и прогнозирования будущих состояний* как объекта управления, так и самой ИТС. Это свойство основано на наличии некоторых динамических мо-

делей в рамках подсистем ИТС под соответствующие объекты управления, а также на постоянном мониторинге текущего состояния, в том числе и через обратную связь от будущего факта к прогнозу и плану. Другими словами, функциональность ИТС должна постоянно отслеживать состояние объекта управления, сравнивать его с прогнозным и плановым значениями и, соответственно, стремиться к совпадению этих трёх показателей. Опять же, всё это должно осуществляться в рамках каждой подсистемы. Итого, основываясь на диагностике своего собственного состояния и мониторинге состояния объекта управления, это свойство готовит почву для следующего – планирования деятельности.

Использование моделей и получение прогнозов будущих состояний позволяет осуществлять *планирование*. Под планированием понимается разработка планов действий, относящихся к объектам управления, при этом планы направлены на достижение определённых стратегических целей. Целеполагание может быть как внешним, то есть задаваться извне ИТС из её надсистемы, так и внутренним, определяющимся либо самой ИТС, либо её акторами. Планирование используется в функциях ИТС для подготовки будущих действий на основании прогнозов с дальнейшим сравнением прогноза, плана и факта с передачей отклонений по обратной связи в модель, используемую для прогнозирования, для её актуализации. Тем самым готовится почва для обучения системы. Кроме того, планирование является важнейшей предпосылкой управления.

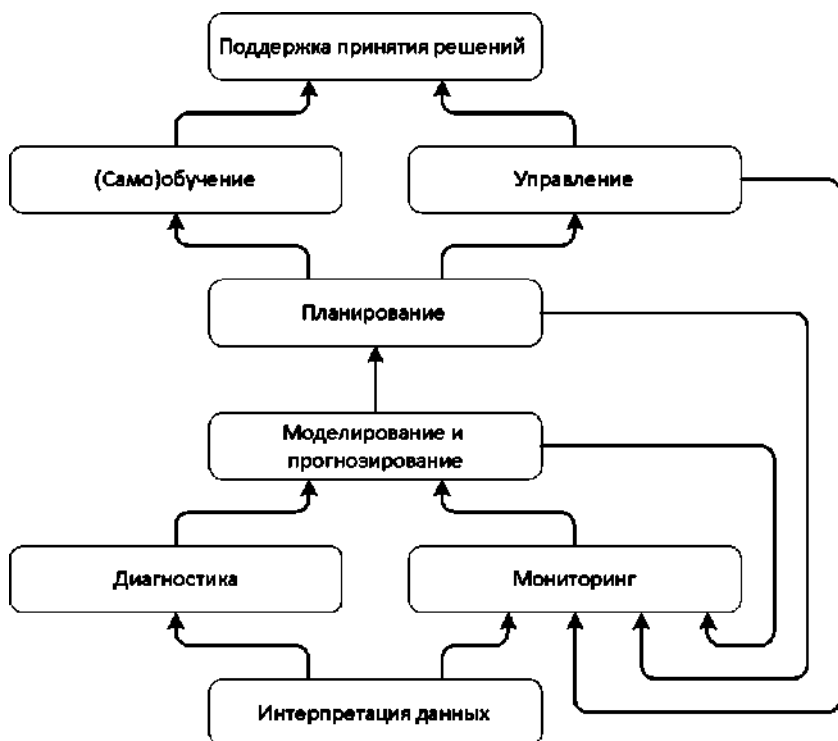
Обучение (как самообучение, так и обучение с учителем) – ещё одна важная особенность функциональности ИТС, которая делает её поистине интеллектуальной. Система должна иметь возможность адаптации своих правил деятельности к изменяющимся условиям среды, в которой она функционирует. Это может происходить как автоматически для отдельных функций (например, адаптивные режимы управления светофорными объектами), автоматизированно при помощи обучения по аналогии действиям операторов, либо вообще вручную, когда персонал системы настраивает её для реагирования на новые стимулы. Обучение ИТС – важный процесс, который лежит в основе управленческих

функций, поскольку невозможно управлять чем бы то ни было, пока не научишься это делать.

Все эти аспекты функциональности постепенно подводят к заключительным свойствам, первым из которых является *управление в различных режимах*. Фактически вся деятельность ИТС направлена на управление своим объектом управления с учётом модели, прогнозов и планов. Само собой разумеется, что все предыдущие аспекты делают вклад в управление, при этом сам феномен управления необходимо рассматривать в применении к различным режимам работы. К таким режимам относятся, конечно же, штатный режим, а также режим чрезвычайных или критических ситуаций. В настоящий момент многие процессы штатного режима уже давно переводятся под управление автоматизированных или даже автоматических систем, в то время как управление в кризисных ситуациях возлагается на людей. Так вот интеллектуальность ИТС максимально будет проявляться тогда, когда эта система будет использоваться в автоматическом режиме при управлении в кризисных ситуациях. При этом управление будет производиться не ситуационным, а предиктивным методом. Этого ещё нет, но уже есть все предпосылки для такого перехода.

Наконец, венчает интеллектуальные аспекты функциональности такая важная технология, как *поддержка принятия решений*. Даже если постепенно все функции ИТС будут становиться автоматическими и человек всё меньше и меньше будет принимать участие в выполнении в первую очередь рутинных операций, но самые важные решения человек будет принимать ещё очень долго. Однако есть все возможности готовить и рационально объяснять решения на основе всех собранных данных, построенных моделей, прогнозов и исполнения планов, выполнения управленческих воздействий и результатов их применения – всё это является основой для подготовки решений для лиц, их принимающих. И такой аспект функциональности ИТС должен стать той целью, к которой необходимо стремиться при проектировании и реализации системы.

Таким образом, все перечисленные интеллектуальные аспекты функциональности складываются в следующую диаграмму:



Итак, максимально возможное применение методов искусственного интеллекта для реализации перечисленных аспектов интеллектуальности, особенно в части обработки больших данных, обучения и поддержки принятия решений, будет залогом того, что транспортная система действительно станет интеллектуальной.



При рассмотрении функциональности любой системы, в том числе и ИТС, важным является вопрос многих видов обеспечения, которые предназначаются для выполнения функций на разных уровнях и в различных аспектах. Так что, заканчивая эту главу, кратко рассмотрим те виды обеспечения, которые наиболее важны в работе ИТС. К таковым можно отнести следующие:

- 1) аппаратно-техническое обеспечение;
- 2) программное обеспечение;

- 3) информационное обеспечение;
- 4) организационное обеспечение;
- 5) метрологическое обеспечение;
- 6) математическое обеспечение;
- 7) методологическое обеспечение;
- 8) методическое обеспечение;
- 9) правовое обеспечение;
- 10) юридическое обеспечение;
- 11) лингвистическое обеспечение.

Кратко рассмотрим каждый из выделенных видов.

Начнём с *аппаратно-технического обеспечения* как наиболее простого для определения. В его состав входит всё серверное, коммутационное и периферийное оборудование, а также автоматизированные рабочие места персонала ИТС. В состав серверного оборудования входят такие типы, как собственно серверы, а также видеосерверы, автоматические телефонные станции, системы хранения данных и другие специализированные устройства серверного типа, которые размещаются в стойках и обычно помещаются в центры обработки данных, где для обеспечения их работоспособности создаётся «обвязка» из большого количества специализированных инженерных систем – вентиляция и кондиционирование, пожаротушение и т. д. Коммутационное оборудование представляет собой коммутаторы, роутеры, маршрутизаторы, брандмауэры – всё то, что обеспечивает создание и работоспособность физических каналов передачи информации. Большая часть коммутационного оборудования располагается вместе с серверным, но часть попадает и на линии связи и объектовые комплексы для организации связи с периферийным оборудованием.

Периферийное же оборудование, составляющее чуть ли не важнейшую часть аппаратно-технического обеспечения ИТС, представляет собой самое разнообразное оборудование, которое используется для исполнения функций подсистем ИТС, что называется, «на местах». К такому оборудованию относятся, к примеру, детекторы транспорта, табло отображения информации, видеокамеры, бортовые компьютеры подвижных единиц наземного городского пассажирского транспорта, автоматические дорожные метеостанции и многое, многое другое. Полный перечень типов периферийного оборудования привести затруднительно, поскольку каждый день появляются новые примеры того, при помо-

щи чего можно реализовать функциональность ИТС. Тем не менее в следующей главе при рассмотрении конкретных подсистем ИТС будут предлагаться списки классов оборудования, которые используются в соответствующих подсистемах.

Следующий важный вид обеспечения ИТС – *программное*. Под программным обеспечением понимается весь комплекс программ и документации на них, необходимой и достаточной для эксплуатации этого комплекса программ. Программы делятся на системные, прикладные и встроенные. Системное программное обеспечение представляет собой операционную систему, драйверы в ней и другие базовые программы, обеспечивающие работоспособность и сопряжение прикладных программ и элементов аппаратно-технического обеспечения. Прикладное программное обеспечение входит в состав информационных и автоматизированных систем в рамках ИТС и выполняет прикладные функции. Встроенное программное обеспечение обычно аппаратным образом зашито в элементы периферийного оборудования и используется для низкоуровневого управления его работой.

Не менее важным видом обеспечения ИТС является *информационное*. К нему относится не только информация, хранимая в базах данных и курсируемая между элементами ИТС, но и всё информационное сопровождение деятельности ИТС, её подсистем и элементов, доступное внешним акторам. К последнему типу относятся, в частности, информационные материалы, которые предлагаются участникам транспортной отрасли при взаимодействии с ИТС. Поэтому при проектировании системы необходимо уделять внимание не только логической и физической структуре баз данных, не только составу интеграционных потоков между подсистемами, но и физическим элементам информационного обеспечения.

Под *организационным обеспечением* системы понимается совокупность методов, процессов, средств и персонала, собранного в определённые структуры управления, которые предназначены для организации эффективного и качественного функционирования системы. Поскольку ИТС является системой очень сложной, состоящей из множества подсистем, каждая из которых, в свою очередь, является полноценной системой управления, то организационное обеспечение ИТС складывается из соответствующих

обеспечений каждой подсистемы и дополняется теми необходимыми компонентами, которые покрывают эмерджентные системообразующие свойства всей ИТС. В состав организационного обеспечения обычно включаются внутренние нормативные акты и описания бизнес-процессов по поддержанию функционирования системы в различных режимах эксплуатации. Само собой, что обслуживающий персонал и всё необходимое для его работы также включается в состав организационного обеспечения ИТС. Поэтому оно – важный вид обеспечения даже в условиях, когда роль человека в обслуживании систем такого масштаба будет постепенно сходить на нет.

Поскольку в составе ИТС имеется множество элементов и специального периферийного оборудования, которое измеряет различные параметры объекта управления и его частей, важным вопросом является наличие единого *метрологического обеспечения*, под которым понимается комплекс метрологических норм, правил и методик исполнения измерений для удовлетворения требованиям по точности и стандартизации. Эти требования могут быть регламентированы как на государственном уровне, так и на уровне отрасли или даже в рамках самой ИТС. Наличие стандартов в области точности и единства способов измерений подводит базу под нормативные и юридические основы деятельности ИТС.

Математическое обеспечение представляет собой набор алгоритмов, методов решения задач и, главное, математических моделей для реализации функциональности ИТС. Поскольку интеллектуализация функций в ИТС подразумевает наличие моделей для прогнозирования и планирования состояний объекта управления и самой системы, то математическое обеспечение ИТС и её подсистем должно быть развитым и основываться на самых последних достижениях науки. При этом надо отметить, что в состав математического обеспечения входят не только алгоритмы, реализованные в обеспечении программном, но и сценарии управления, динамические модели и прочие «онлайн»-инструменты математического характера, которые используются в процессе функционирования ИТС.

Методологическое обеспечение деятельности ИТС представляет собой совокупность описаний методов решения задач. Оно представляет важность не только на этапе эксплуатации ИТС

и каждой из её подсистем, но и на этапе проектирования, когда в состав системы закладываются конкретные решения. Методология решений должна быть тщательно описана, понята персоналом ИТС и принята к исполнению. Таким образом, методологическое обеспечение становится как бы цементирующим звеном между организационным и программным видами обеспечения.

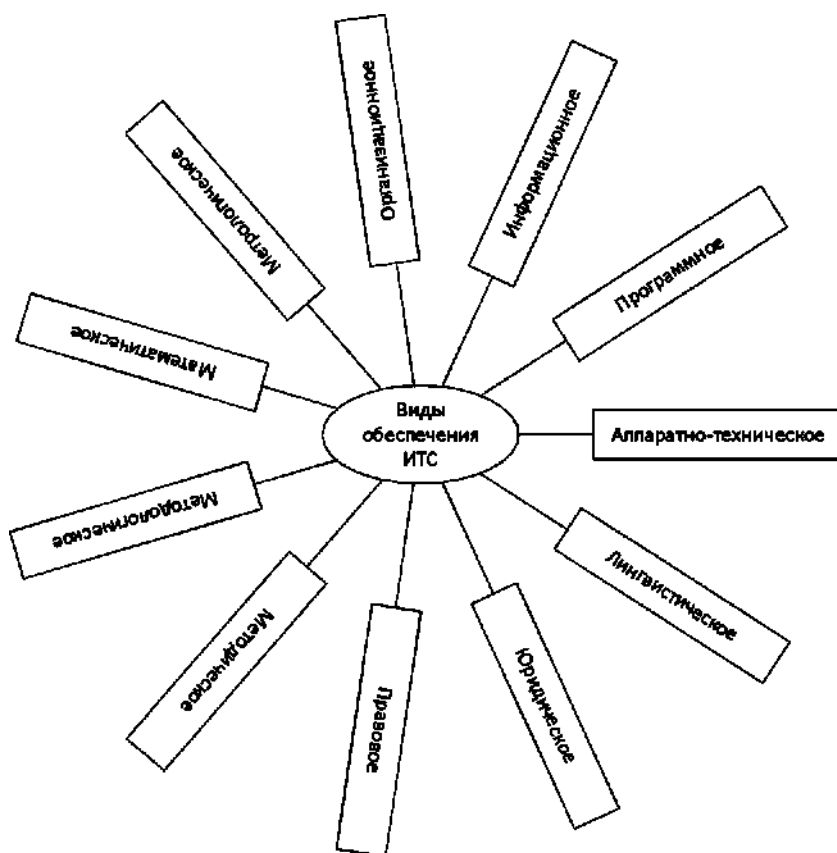
В свою очередь, *методическое обеспечение* (не надо путать с предыдущим видом) представляет собой набор учебных материалов и процедур обучения персонала работе в рамках ИТС. И несмотря на то что с повышением степени интеллектуальности и автономности важность роли персонала будет постепенно снижаться, пока необходимость методического обеспечения остаётся довольно насущной.

Не менее важным для деятельности ИТС, особенно в части взаимодействия с внешними акторами, является *юридическое обеспечение*. Оно представляет собой набор юридических норм, которые применяются при рассмотрении взаимоотношений, возникающих между ИТС и её функциями, с одной стороны, и внешними акторами (в первую очередь с участниками дорожного движения) – с другой. Юридическое обеспечение ИТС должно быть тщательно проработано, поскольку от этого зависит успешное урегулирование тройственных отношений – между ИТС, пользователями её сервисов и регулятором. Поэтому при проектировании ИТС в обязательном порядке должны быть проработаны все вопросы потенциальных юридических отношений между ИТС и внешними акторами в рамках каждого сервиса ИТС, особенно в части монетизируемых функций.

Вместе с юридическим обеспечением правовую основу деятельности ИТС составляет *правовое или нормативно-правовое обеспечение*, которое состоит из всех нормативных правовых актов, в которых регулируются или каким-либо образом затрагиваются те отношения, которые возникают между субъектами транспортных отношений в процессе выполнения функций ИТС. Состав правового обеспечения, в принципе, уже был описан в главе 2 в полной мере.

Наконец, рассмотрим последний тип обеспечения ИТС – *лингвистическое*. Обычно под ним понимается набор языков и иных

знаковых систем для представления информации (другим аспектом является набор используемых при разработке систем языков программирования и иных искусственных языков, но этот аспект не имеет отношения к текущему обсуждению). Лингвистическое обеспечение ИТС важно в том смысле, что внешними акторами ИТС часто являются люди, которые не владеют государственным языком (иностранцы) либо имеют ограниченные способности (например, слепые). Это значит, что при проектировании и разработке ИТС и её подсистем необходимо принимать во внимание и такие особенности.





Итак, мы детально изучили различные классы функций ИТС, их свойства, которые должны делать систему всё более и более интеллектуальной, а также разобрали различные виды обеспечения, которые должны лежать в основе функциональности ИТС. В следующей главе рассматриваются подсистемы ИТС и производится отображение функциональности на подсистемы.

Глава 4

ПОДСИСТЕМЫ ИТС

В предыдущей главе достаточно детально рассматривалась функциональность ИТС, делалась декомпозиция функции от самой верхней функции ИТС – её предназначения, до более детальных, но всё ещё укрупнённых блоков функциональности. Всё это было проделано в соответствии с важным принципом, который должен помнить любой проектировщик или инженер, занимающийся разработкой ИТС или её элементов. Принцип прост: *главная ценность системы заключается в её функциях*. Ни система *per se*, ни её элементы, ни тем более аппаратно-техническое обеспечение не является ценностью. Исключительно функции системы, которые она предоставляет внешним акторам, своей надсистеме и смежным системам, являются тем, ради чего система разрабатывается и используется.

Тем не менее реализация функциональности любой системы осуществляется через её подсистемы и элементы. Поэтому важным является рассмотрение структуры и подсистем ИТС. В этой главе даётся такое рассмотрение, при этом упор делается на логическую составляющую – подсистемы описываются не как набор видов обеспечений (и в первую очередь аппаратно-технического обеспечения), как это сделано во многих иных источниках информации по ИТС, а на функциональность в соответствии с приведённым ранее принципом. Поэтому в дальнейшем изложении системы группируются в логические блоки в соответствии с декомпозицией функций, а сами описания могут использоваться в качестве такого «конструктора», из элементов которого можно собирать конкретную ИТС для решения заданной задачи.

В дальнейшем описании для каждой подсистемы ИТС приводится её краткое описание, предназначение, выполняемые функции и все виды обеспечения, на которые необходимо обратить внимание при проектировании. Также описываются очевидные интеграционные потоки со смежными системами в составе ИТС и с внешними системами. Тем не менее при проектировании

конкретной ИТС всегда необходимо исходить из имеющихся требований, так что нижеследующее описание может использоваться исключительно в качестве первичного шаблона.

Наконец, хочется отметить, что большинство систем и блоков, которые описываются далее, настолько обширны, что по каждому из них можно писать отдельную книгу или хотя бы методическое пособие. Поскольку объять необъятное невозможно, в этой книге будет даваться самый минимум требуемого описания, для того чтобы у читателя сложилось понимание необходимого для дальнейшего продвижения вперед уровня.



Итак, далее приводится описание логических блоков и систем, которые входят в состав ИТС. Надо отметить, что многие из перечисленных далее систем могут использоваться и при автоматизации иных процессов и функций, не только в составе ИТС. Однако при реализации конкретной ИТС следующим перечнем можно пользоваться как «конструктором», выбирая необходимые системы или даже целые блоки.

4.1. Блок уровней управления

В блоке уровней управления рассматриваются различные уровни (эшелоны) управления и принятия решений, которые имеются в составе ИТС и должны быть реализованы для систем различного масштаба. Этот блок представляет собой не логический блок, объединяющий системы в общей архитектуре ИТС, а, скорее, перечень различных органов управления, в рамках которых используются подсистемы ИТС. Поэтому при дальнейшем проектировании все системы, входящие в состав ИТС, должны также распределяться по перечисляемым далее уровням управления. Вот они:

- 1) главный ситуационный центр;
- 2) единый дежурно-диспетчерский центр;
- 3) зональный центр управления;
- 4) локальный центр управления;
- 5) центр обработки данных.

Рассмотрим каждый из перечисленных уровней управления более подробно.

4.1.1. Главный ситуационный центр

Главный ситуационный центр – высший орган управления и принятия решений в рамках ИТС, который представляет собой автоматизированную систему управления в чрезвычайных и кризисных ситуациях, когда необходимо вовлечение серьёзных аналитических ресурсов для оперативного исследования возникающих ситуаций и подготовки решений для ответственных лиц для их принятия и контроля дальнейшего исполнения. Ситуационный центр нельзя путать с дежурно-диспетчерским (детально описывается далее), так как в первом работа происходит не в рутинном процессе, как во втором, а в экстренных ситуациях.

Обычно ситуационный центр представляет собой специальное помещение, в котором собраны рабочие места сотрудников штаба. Наибольшую степень внимания в вопросах внутреннего обустройства ситуационных центров уделяют эргономике рабочих процессов, поскольку в ситуационных центрах осуществляется работа в достаточно серьёзных стрессовых ситуациях. Все средства автоматизации деятельности направлены на поддержку коллективной работы, рассмотрения альтернатив и прогнозов, выбора оптимальных решений и доведения их до исполняющих и контролирующих органов.

Таким образом, в составе ситуационного центра обычно присутствуют следующие элементы:

- 1) АРМ аналитиков, на которых готовятся решения;
- 2) АРМ ведущего, с которого осуществляется управление процессом принятия решения;
- 3) средства коллективного отображения информации;
- 4) средства связи со всеми подведомственными объектами (телефония и видеоконференцсвязь);
- 5) системы жизнеобеспечения и безопасности.

Последний пункт также крайне важен, поскольку в ситуационном центре может вестись непрерывная круглосуточная работа, а потому в составе ситуационного центра должны быть помещения, предназначенные для отдыха, восстановления и т. д.

Также, само собой разумеется, ситуационный центр должен быть включён в общий контур систем управления транспортной отраслью, так чтобы из него был доступ ко всем информационным и автоматизированным системам, оперативные и сводные данные из которых могут потребоваться для работы. На АРМ ана-

литиков, естественно, должен быть доступ к системам аналитики и отчётности.

4.1.2. Единый дежурно-диспетчерский центр

Единый дежурно-диспетчерский центр – это орган управления повседневной деятельностью в рутинном режиме. Обычно организовывается в виде специального помещения с рабочими местами диспетчеров и дополнительными системами обеспечения их работоспособности, в том числе и средствами коллективного отображения информации. В дежурно-диспетчерский центр стекаются информационные потоки от всех информационных систем и систем управления, а также запросы от пользователей. Обычно работа в таком центре организована в круглосуточном непрерывном режиме, а потому диспетчеры организованы в рабочие смены, а в самом помещении имеется всё, чтобы обеспечить персоналу удобные условия работы независимо от времени суток и дня недели.

Как и в случае с ситуационным центром, при проектировании и строительстве дежурно-диспетчерских центров большое внимание необходимо уделять эргономике. Работа диспетчерского персонала связана с повышенным вниманием и решением нестандартных ситуаций, а потому рабочее место должно не только не отвлекать специалиста от работы, но и помогать ему, способствовать повышению работоспособности.

В составе дежурно-диспетчерского центра используются следующие элементы:

- 1) АРМ дежурно-диспетчерского персонала;
- 2) АРМ сотрудников со специальными функциями;
- 3) средства коллективного отображения информации;
- 4) средства связи со всеми подведомственными объектами (обычно телефонная связь без видеоконференцсвязи);
- 5) системы жизнеобеспечения и безопасности.

Как видно, состав повторяется по сравнению с ситуационным центром, однако важно понимать, что функционально это различные органы управления в составе ИТС.

На рабочих местах дежурно-диспетчерского персонала должны быть развёрнуты клиентские части всех систем, входящих в состав ИТС, контроль объектов управления которых должен осуществляться в дежурно-диспетчерском центре. Разделение

и распределение ролей должно производиться в соответствии с охватываемой функциональностью. При этом проектировать автоматизированные системы управления и информационные системы из состава ИТС необходимо таким образом, чтобы на персонал ложилось как можно меньше операций.

Сотрудники со специальными функциями – это персонал, который либо задействован во внутренних операциях ИТС (обеспечивающие функции, «бэк-офис»), либо осуществляет взаимосвязь с внешними системами в рамках межведомственного взаимодействия при решении совместных задач.

4.1.3. Зональный центр управления

Обычно ИТС является настолько грандиозной системой, что охватить контуром управления все её аспекты из единого дежурно-диспетчерского центра затруднительно или не представляется возможным. В этом случае осуществляется построение иерархии зональных центров управления, которые отвечают за всё меньшие и меньшие области (зоны), которые, в свою очередь, могут быть кластеризованы по территориальному, функциональному или иному принципу.

Количество уровней иерархии зональных центров управления зависит от уровня масштабности ИТС, но обычно не превышает трёх. При определении количества уровней необходимо решать минимаксную оптимизационную задачу – минимизировать сложность (разнообразие) объекта управления при максимизации эффективности самого управления. Если первая задача часто решается дроблением объекта управления, то вторая – уплотнением структуры управления.

Фактически структура зонального центра управления повторяет структуру единого дежурно-диспетчерского центра, но при этом принимается во внимание масштаб подведомственного объекта управления.

4.1.4. Локальный центр управления

На уровне каждого конкретного объекта управления может организовываться локальный центр управления для контроля состояния объекта и исполнения управляющих воздействий, при-

шедших с верхних уровней (зональные, единый дежурно-диспетчерский центр, ситуационный центр). Уровень компетенции и ответственности локального центра управления определяется областью ответственности. Для некоторых объектов управления локальный уровень представляет собой только исполнительный механизм, для других – полностью автономный орган управления, действующий по своей программе и реагирующий самостоятельно без эскалации на более высокие уровни.

Обычно на локальном уровне разворачиваются один или несколько АРМ или бортовых систем для персонала, непосредственно управляющего элементами и инфраструктурой ИТС. В состав АРМ входит не только вычислительный комплекс, но и все необходимые средства связи и жизнеобеспечения.

4.1.5. Центр обработки данных

Центр обработки данных – это специализированное помещение (или даже отдельное здание), в котором размещаются серверное и коммутационное оборудование для эффективного и высоконадежного выполнения серверных частей информационных и автоматизированных систем в составе ИТС, обмена информацией между подсистемами в рамках ИТС и со смежными системами на физическом уровне, а также для хранения информации. Центр обработки данных также может быть «виртуальным», то есть все вычислительные мощности для ИТС арендуются и получают по схеме PaaS (платформа как сервис) или IaaS (инфраструктура как сервис) – таким образом осуществляется переход на «облачные технологии» и с оператора ИТС снимаются задачи по эксплуатации непрофильных объектов.

Само собой разумеется, что для обеспечения непрерывной работоспособности ИТС в целом и критичных её подсистем необходимо резервирование функциональности таких подсистем, что делается в первую очередь путём резервирования центра обработки данных. Такое резервирование может осуществляться по различным схемам и технологиям, и главное – на этапе постановки задачи и дальнейшего проектирования решить, каким образом должна обеспечиваться жизнеспособность ИТС при выходе из строя отдельных её элементов, в том числе и структурных, и системообразующих.

Физический центр обработки данных как помещение, в котором располагается многочисленное серверное и коммутационное оборудование, также имеет в своём составе инженерные системы обеспечения жизнедеятельности и системы физической безопасности. Поскольку разработка проекта и строительство таких центров осуществляются с довольно давних времён, к настоящему моменту существуют многочисленные правила, нормы и стандарты по оборудованию центров обработки данных всем необходимым.

Наконец, необходимо отметить, что в составе служб, эксплуатирующих ИТС, должны быть сервисные подразделения, которые отвечают за администрирование центров обработки данных как структурных единиц инфраструктуры ИТС, – такие администраторы занимаются обеспечением работоспособности серверного и прочего оборудования, но не погружаются в логику функциональности ИТС и её подсистем.

4.2. Блок общих инфраструктурных решений

Общие инфраструктурные решения представляют собой обеспечивающие системы, состоящие в основном из аппаратно-технического обеспечения и, максимум, встроенного программного обеспечения, которые зачастую функционируют в автономном режиме и предназначены для обеспечения общей работы ИТС в целом. Можно было бы сказать, что в их состав также входят инженерные системы обеспечения жизнедеятельности и работоспособности (например, система электроснабжения или система кондиционирования), но здесь рассматриваются только системы, которые имеют непосредственное отношение к функционированию ИТС, но не относятся к инженерным обеспечивающим системам. В соответствии с этими критериями к общим инфраструктурным решениям относятся:

- 1) серверное и коммутационное оборудование;
- 2) система хранения данных;
- 3) система передачи данных;
- 4) телефония;
- 5) видеоконференцсвязь;
- 6) система коллективного отображения информации;
- 7) автоматизированные рабочие места персонала.

Необходимо отметить, что блок общих инфраструктурных решений представляет собой системы, располагающиеся на физическом уровне, в отличие систем, входящих в состав логической архитектуры ИТС, рассмотрение которых будет производиться со следующего подраздела.

Рассмотрим каждую из перечисленных систем более подробно.

4.2.1. Серверное и коммутационное оборудование

Серверное оборудование предназначено для размещения и исполнения серверных компонентов программного обеспечения информационных и автоматизированных систем, входящих в состав ИТС. Коммутационное или активное сетевое оборудование предназначено для организации каналов связи между физическими элементами подсистем ИТС. И серверное, и коммутационное оборудование обычно располагается в специально отведённых для этого помещениях типа центра обработки данных (варианты рассматриваются ниже).

Серверное оборудование выполняет следующие обобщённые функции:

- 1) размещение информационного обеспечения систем;
- 2) исполнение программного обеспечения систем;
- 3) контроль собственной работоспособности.

Коммутационное оборудование, в свою очередь, выполняет следующие функции:

- 1) организация логических каналов связи между подсистемами и элементами ИТС на основе физических каналов связи;
- 2) аппаратный контроль параметров информационной безопасности;
- 3) контроль связности сети;
- 4) контроль собственной работоспособности.

В следующей таблице приводится соотношение видов обеспечения с двумя типами оборудования.

Вид обеспечения	Серверное оборудование	Коммутационное оборудование
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование само по себе	Коммутационное оборудование само по себе
Программное	Серверные операционные системы и другое системное программное обеспечение	Встроенное программное обеспечение

Вид обеспечения	Серверное оборудование	Коммутационное оборудование
Информационное	–	–
Организационное	Служба эксплуатации и регламенты технического обслуживания и ремонта	Служба эксплуатации и регламенты технического обслуживания и ремонта
Метрологическое	Встроенные средства измерения характеристик среды эксплуатации и внутренних параметров работоспособности	Встроенные средства измерения параметров пропускной способности канала передачи данных
Математическое	–	–
Методологическое	–	–
Методическое	Руководство администратора и руководство системного программиста	Руководство администратора
Правовое	Нормативные правовые акты, регулирующие использование соответствующего типа оборудования	Нормативные правовые акты, регулирующие использование соответствующего типа оборудования
Юридическое	–	–
Лингвистическое	Языки программирования и выполнения сценариев для скриптов на стороне серверов, язык технической и эксплуатационной документации	Язык технической и эксплуатационной документации

Важно отметить, что перечисленные виды оборудования используются для организации физических каналов связи, которые на логическом уровне будут применяться для интеграции подсистем ИТС друг с другом и с внешними системами. При этом речь идёт не только о каналобразующем оборудовании из состава коммутационного, но и о вычислительных комплексах, на которых исполняются системные сервисы интеграционной платформы.

Это значит, что при проектировании интеграционных решений в рамках разработки ИТС необходимо принимать во внимание особенности и технические характеристики серверного и коммутационного оборудования. Верно и обратное – выбор такого оборудования должен производиться с учётом решений по интеграции.

4.2.2. Система хранения данных

Система хранения данных предназначена для оперативного или долговременного сохранения информации, курсируемой в подсистемах ИТС и между ними. Эта система представляет собой программно-аппаратный комплекс для выполнения следующих функций:

- 1) организация *надёжного* хранения информации;
- 2) предоставление *гарантированного* доступа к информации.

Сущность системы хранения данных заключается в том, что она предоставляет подсистемам ИТС объёмы хранения информации «прозрачно» так, как будто бы подсистемы используют локальные дисковые хранилища, при этом сами физические устройства для хранения информации могут быть выполнены на любой технологии (вплоть, например, до стриммерных лент) и быть локализованы как централизованно в центре обработки информации, так и распределённо в сети.

Важными факторами являются глубина хранения информации и скорость доступа к ней. Значение первого фактора обычно определяется нормативными документами, в соответствии с которыми функционирует подсистема ИТС, требующая хранения информации (например, для подсистемы видеоаналитики с автоматическим анализом инцидентов глубина хранения может быть 7 суток, в течение которых сотрудники оперативных служб могут запросить и получить видеопоток интересующего их события). Второй фактор часто определяется необходимостью оперативного доступа к информации – так, для архива технической документации не требуется мгновенного доступа, а потому он может быть размещён в медленных, но дешёвых и надёжных физических хранилищах.

Некоторые подсистемы требуют определённой организации хранения своей оперативной информации, при этом такой информации очень много, так что сложно организовать хранение на локальных источниках. Это значит, что система хранения данных должна быть сегментирована по требованиям кластеров подсистем, и каждый сегмент должен отвечать определённым требованиям по скорости доступа, объёму хранилища и глубине хранения.

Наконец, система хранения данных обычно самостоятельно организует резервирование информации, хранение которой должно быть отказо- или катастрофоустойчивым. Во втором случае, вне сомнений, само физическое хранилище информации

должно быть выполнено по катастрофоустойчивой схеме, и репликация информации между кластерами системы хранения данных должна осуществляться автоматически.

Следующая таблица структурирует соотношение видов обеспечения с оборудованием и программным обеспечением системы хранения данных.

Вид обеспечения	Система хранения данных
Аппаратно-техническое	Физические хранилища информации разнообразной природы и контроллеры к ним, а также серверное оборудование для организации низкоуровневого доступа к информации
Программное	Драйверы физических устройств для хранения информации и специальное программное обеспечение для организации логического уровня доступа к информации
Информационное	Вся хранимая информация
Организационное	Служба эксплуатации и регламенты технического обслуживания и ремонта, резервного копирования и восстановления информации
Метрологическое	Встроенные средства измерения характеристик среды эксплуатации и внутренних параметров работоспособности
Математическое	Алгоритмы специального программного обеспечения
Методологическое	–
Методическое	Руководство администратора и руководство системного программиста
Правовое	Нормативные правовые акты, регулирующие использование соответствующего типа оборудования и использования хранимой информации (в том числе с точки зрения обеспечения секретности, конфиденциальности и защиты отдельных типов данных)
Юридическое	–
Лингвистическое	Языки программирования и выполнения сценариев для скриптов на стороне оборудования системы, язык технической и эксплуатационной документации

В процессе реализации интеграционных схем в рамках межсистемного взаимодействия внутри ИТС или между подсистемами ИТС и смежными системами необходимо тщательно определять, откуда берутся данные, по которым определяются интеграционные потоки. Если информация берётся из системы хранения данных, то это должно иметь своё отражение в регламенте взаимодействия, так как наверняка скажется на быстродействии. В любом случае при интеграции всегда необходимо принимать

во внимание то, где хранится та информация, которая передаётся из системы в систему в процессе.

4.2.3. Система передачи данных

Система передачи данных представляет собой распределённые в пространстве сети и каналообразующее оборудование и предназначена для организации межсистемного взаимодействия и обмена информацией между отдельными компьютерами (серверами, рабочими местами) на физическом уровне. Физические каналы в этой системе могут быть основаны на любой технологии либо даже на нескольких технологиях одновременно (например, оптоволоконные сети и радиоканалы). Каналообразующее оборудование представляет собой особый класс периферийного оборудования для обеспечения надёжной и гарантированной доставки пакетов данных из источника к потребителю.

В следующей таблице представлены все виды обеспечения, на которые необходимо обратить тщательное внимание при проектировании системы передачи данных.

Вид обеспечения	Система передачи данных
Аппаратно-техническое	Физическое воплощение каналов передачи информации, а также каналообразующее периферийное оборудование (повторители, маршрутизаторы и т. д.)
Программное	Встроенное программное обеспечение в каналообразующем периферийном оборудовании, а также сетевые драйверы на серверах и автоматизированных рабочих местах
Информационное	Информация, курсируемая в сети
Организационное	Регламенты и технологические инструкции по техническому обслуживанию системы
Метрологическое	Средства измерения показателей функционирования и эффективности процессов передачи информации
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	Стандарты и нормативные акты, регулирующие способы проектирования и эксплуатации системы передачи данных
Юридическое	–
Лингвистическое	Описание протоколов, при помощи которых осуществляется передача информации

Необходимо помнить, что система передачи данных представляет собой транспортную среду для организации межсистемного взаимодействия, поэтому вся интеграция в рамках ИТС будет осуществляться с учётом спроектированной системы передачи данных. В свою очередь, это означает, что при проектировании и реализации данной системы необходимо применять все меры для того, чтобы сделать её эффективной и полностью функциональной.

4.2.4. Телефония

Телефония – один из видов связи, который традиционно ещё используется, хотя постепенно заменяется более технологичными и быстрыми видами. Но даже в таких условиях сами по себе технологии организации телефонной связи также развиваются и становятся цифровыми. Сегодня оборудование, которое полностью превосходит по мощности и функциональности целые АТС середины XX века, представляет собой сервероподобные устройства толщиной в несколько юнитов. И само собой разумеется, они предоставляют цифровую телефонную связь, а не аналоговую, как было ранее. Так что телефонные сигналы сегодня проходят по тем же самым линиям связи, что и все остальные цифровые виды связи.

При помощи цифровой АТС можно организовать внутреннюю телефонную связь для всех сотрудников, участвующих в деятельности ИТС, однако для сопряжения внутренних номеров с международной телефонной сетью необходимо не только устанавливать специальные коммутаторы, но и выполнять требования специальных нормативных актов, регулирующих функционирование телефонной связи. Именно поэтому пока телефония выделяется отдельно, хотя в будущем, возможно, все виды связи в рамках больших систем, к которым, без сомнения, относится ИТС, будут включены в одну систему передачи данных.

Система телефонии выполняет единственную функцию, которая и является её предназначением, – телефонная связь обеспечивает дуплексную голосовую связь в режиме реального времени (хотя могут использоваться и другие режимы, например голосовая почта). Связь осуществляется как в рамках одной организации, так и на общем уровне.

Следующая таблица кратко перечисляет виды обеспечения, которые необходимо использовать при проектировании и внедрении телефонии.

Вид обеспечения	Телефония
Аппаратно-техническое	Цифровая АТС (в редких случаях может понадобиться аналоговая АТС, и тогда к ней также добавляются аналоговые каналы телефонной связи), абонентские устройства
Программное	Встроенное программное обеспечение цифровой АТС
Информационное	–
Организационное	Регламенты и технологические инструкции по техническому обслуживанию системы
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	Нормативные правовые акты, регулирующие использование телефонной связи
Юридическое	Локальные нормативные акты, регулирующие взаимодействие сотрудников ИТС с внешними абонентами посредством телефонии
Лингвистическое	Естественные языки, которые возможно применять при использовании телефонной связи

Сегодня при помощи телефонной связи не осуществляется межсистемная интеграция и очень редко происходит межсистемное взаимодействие. Если второй вариант используется, то при проектировании ИТС необходимо уделять внимание тому, как при помощи телефонной связи будет передаваться информация из системы в систему и, главное, как будет обеспечиваться её целостность и непротиворечивость. В любом же случае от подобных устаревших технологий необходимо избавляться.

4.2.5. Видеоконференцсвязь

Видеоконференцсвязь – способ организации многоабонентского одновременного общения, при котором каждый абонент в конференции может передавать и принимать не только голос, как в телефонии, но и потоковое видео. Тем самым обеспечивается практически полный эффект присутствия, что позволяет про-

водить совещания без необходимости физического присутствия в одном месте.

Как и в случае телефонии, видеоконференцсвязь выполняет одну функцию – организация многопользовательских конференций с обменом аудио- и видеоинформацией в режиме реального времени.

В таблице перечислены все виды обеспечения, которые используются при проектировании и внедрении видеоконференцсвязи.

Вид обеспечения	Видеоконференцсвязь
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование и абонентские устройства для организации видеоконференцсвязи
Программное	Встроенное программное обеспечение серверного оборудования и абонентских устройств
Информационное	Массив передаваемой аудио- и видеоинформации
Организационное	Регламенты и технологические инструкции по техническому обслуживанию системы
Метрологическое	Встроенные средства измерения параметров каналов передачи информации
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	Нормативные правовые акты, регулирующие применение <i>телефонной</i> связи, поскольку видеоконференцсвязь может использовать для обеспечения взаимодействия телефонные сети
Юридическое	–
Лингвистическое	Естественные языки, которые возможно применять при использовании видеоконференцсвязи

С точки зрения интеграции система видеоконференцсвязи, скорее всего, работает автономно и интегрируется, возможно, только с телефонией, да и то на физическом уровне, а не на уровне передачи данных.

4.2.6. Система коллективного отображения информации

Система коллективного отображения информации предназначена для приёма из различных источников, подготовки и совместного представления разнородной информации, циркулирующей

в ИТС, на большом экране («видеостене»), состоящем из нескольких устройств отображения.

Система коллективного отображения информации выполняет следующие функции:

- одновременное отображение данных, поступающих из нескольких источников;
- удалённое управление большим экраном и способом отображения на нём информации;
- управление режимами и характеристиками отображения информации.

В следующей таблице приведены виды обеспечения, используемые при проектировании и работе системы коллективного отображения информации.

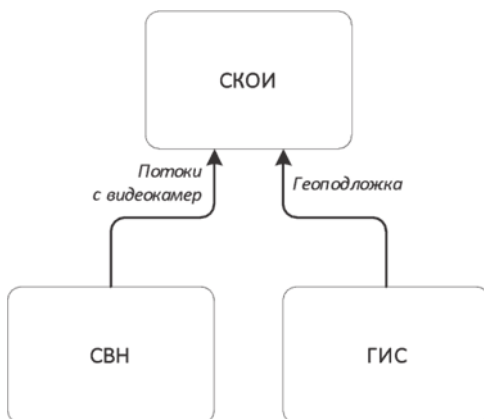
Вид обеспечения	Система коллективного отображения информации
Аппаратно-техническое	«Видеостена», система кондиционирования и охлаждения, серверное оборудование для управления видеостеной, оборудование для диспетчеризации и управления видеопотоками
Программное	Встроенное программное обеспечение в специальные технические средства, специальное программное обеспечение для управления раскладровкой на серверном оборудовании и АРМ диспетчерского персонала
Информационное	Информация, передаваемая на устройство диспетчеризации видеопотоков и отображаемая на видеостене
Организационное	Регламенты и технологические инструкции по техническому обслуживанию системы
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	Описание методики использования видеостены для коллективной работы и поддержки принятия решений
Методическое	Руководство оператора – старшего смены диспетчеров по управлению раскладровкой
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Естественные языки, используемые на видеостене в различных режимах её работы

С точки зрения интеграции система коллективного отображения информации взаимодействует с другими системами только на достаточно низком уровне, получая битовые потоки для отображения в динамике и не участвуя в логической интеграции и меж-

системном взаимодействии на уровне семантики передаваемых данных и выполнения управленческих воздействий. Поэтому на видеостене можно, в принципе, отображать любую информацию, которая может быть отображена на обычном дисплее рабочего места оператора. Тем не менее имеет смысл выделить отдельные подсистемы из состава ИТС, которые наиболее часто используются для отображения на средствах коллективного доступа:

- система видеонаблюдения;
- геоинформационная система.

Диаграмма интеграции для перечисленных систем выглядит следующим образом:



Из системы видеонаблюдения на видеостену системы коллективного отображения информации передаются видеопотоки как в режиме реального времени непосредственно с видеокамер, так и из архива. Из геоинформационной системы в систему коллективного отображения информации передаётся единая геоподложка для использования при визуализации данных из любых других подсистем ИТС. Из самой системы коллективного отображения информации потоков данных в другие системы нет.

4.2.7. Автоматизированные рабочие места персонала

Наконец, в блоке общих инфраструктурных решений имеется набор автоматизированных рабочих мест персонала ИТС, то есть всех внутренних акторов системы, которые участвуют в исполне-

нии её функций или обеспечивают их исполнение. Рабочие места обычно представляют собой оборудованные компьютерной и оргтехникой места присутствия персонала, однако в случае ИТС такие места часто представляют собой специализированные и эргономически выверенные места работы для выполнения особых функций (например, взимание платы или управление специальной автомобильной техникой).

Автоматизированные рабочие места пользователей подсистем ИТС по своей сути выполняют единственную функцию – предоставление работающим на них внутренним акторам системы функции ИТС для исполнения в соответствии с ролями и правами доступа акторов.

В целом при проектировании размещения автоматизированных рабочих мест персонала необходимо лишь следить за тем, чтобы требования к производительности, надёжности и безопасности каждого рабочего места соответствовали запросам тех ролей пользователей, которые будут за соответствующим рабочим местом работать. Каждой роли соответствуют функции ИТС, которые исполняются на автоматизированном рабочем месте, так что эти функции должны обеспечиваться аппаратно-техническим и системным программным обеспечением рабочих мест.

В следующей таблице перечислены виды обеспечения, на которых необходимо заострить внимание при выборе и поставке рабочих станций и других элементов автоматизированных рабочих мест персонала.

Вид обеспечения	Автоматизированные рабочие места
Аппаратно-техническое	Персональные компьютеры, специальные компьютеры, организационная и офисная техника, персональные средства связи
Программное	Системное программное обеспечение персональных компьютеров, встроенное программное обеспечение специальных компьютеров
Информационное	–
Организационное	Регламенты и технологические инструкции по техническому обслуживанию автоматизированных рабочих мест персонала
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	Руководство пользователя персонального компьютера и других технических средств

Вид обеспечения	Автоматизированные рабочие места
Правовое	Нормы и правила из области пожаро- и электробезопасности, а также защиты труда
Юридическое	–
Лингвистическое	–

4.3. Блок «Моделирование, прогнозирование и отчётность»

Блок «Моделирование, прогнозирование и отчётность» содержит в себе информационные системы, которые призваны автоматизировать деятельность высших эшелонов управления организационной структуры оператора ИТС. Именно здесь собраны системы, которые предоставляют функции по анализу информации, моделированию и прогнозированию развития ситуаций и т. д. Во главе блока стоит система поддержки принятия решений руководством оператора ИТС или даже транспортной отрасли.

Далее рассматриваются системы и группы систем, входящие в этот блок. Для каждой системы приводится краткое описание, предназначение, перечень функций, виды обеспечения и интеграционные взаимосвязи с другими системами из состава ИТС и внешними системами.

4.3.1. Система поддержки принятия решений

Система поддержки принятия решений предназначена для анализа текущего состояния объекта управления и ИТС в целом, ретроспективного анализа, моделирования развития и подготовки вариантов решений с обоснованием, что приводит к поддержке принятия решений руководителями на всех уровнях в организационной структуре ИТС, начиная от линейного управления до стратегического управления транспортной отраслью.

Система поддержки принятия решений выполняет следующие функции:

- извлечение и верификация знаний о проблемной области;
- сбор информации об объекте управления и среде, в которой он функционирует;

- хранение архивной информации об объекте управления;
- моделирование развития объекта управления и среды;
- вывод и ранжирование рекомендаций по вариантам решения;
- объяснение вариантов решения;
- поддержка реализации принятого решения;
- оценка результатов реализованного решения;
- обучение посредством внесения изменений в базу знаний.

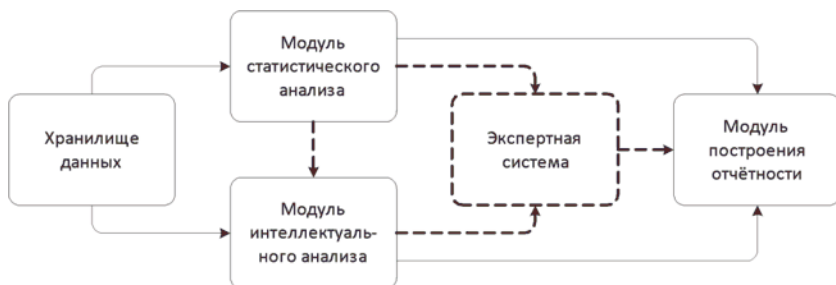
В следующей таблице перечислены виды обеспечения, которые необходимо прорабатывать при разработке и внедрении систем поддержки принятия решений.

Вид обеспечения	Система поддержки принятия решений
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование, на котором работает ядро системы. Автоматизированные рабочие места пользователей системы
Программное	Серверные и клиентские приложения, выполняющие функциональность системы
Информационное	Весь массив информации, который хранится в базе данных системы, а также курсирует через неё посредством инструментов интеграции
Организационное	Персонал системы, работающий с её функциональностью
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы и методы обработки больших массивов информации, моделирования, выдачи рекомендаций и т. д.
Методологическое	Описание методов анализа больших данных, поиска закономерностей, поддержки принятия решений
Методическое	Учебные материалы для аналитиков и руководящего состава
Правовое	–
Юридическое	Технические регламенты о применимости методов в процессе принятия решений и ответственности лиц, принимающих решения при помощи средств автоматизации
Лингвистическое	Языки, используемые для взаимодействия с системой

В состав программного обеспечения системы входят следующие модули:

- хранилище данных;
- модуль статистического анализа;
- модуль интеллектуального анализа;
- экспертная система для одной или нескольких проблемных областей (опционально);
- модуль построения отчётности.

Структура системы поддержки принятия решений может быть представлена при помощи следующей диаграммы:



Кратко опишем каждый модуль, за исключением хранилища данных, которому посвящён отдельный подраздел.

1. *Модуль статистического анализа* предназначен для применения различных методов математической статистики и смежных дисциплин для анализа больших объёмов информации (статистических выборок), в частности поиска корреляций и причинно-следственных связей, анализа трендов, определения статистических закономерностей и т. д.
2. *Модуль интеллектуального анализа* используется для проведения глубокого анализа больших объёмов данных методами, которые позволяют обнаруживать скрытые закономерности, нетривиальные и практически полезные интерпретации информации в данных. В первую очередь это методы из разряда технологий *Data Mining*. Этот модуль реализует многие техники искусственного интеллекта, начиная от генетических алгоритмов и искусственных нейронных сетей до отдельных методов символьных вычислений. При этом в рамках интеллектуального анализа данных также могут проводиться и отдельные ветви статистического анализа, либо результаты такого анализа могут браться из соответствующего модуля.
3. *Экспертная система* – совокупность формализованных знаний в проблемной области и механизма вывода заключений или решений на этих знаниях с учётом значений критических параметров, используемых при принятии решений. Экспертные системы отчасти заменяют людей-экспертов, агрегируя их опыт и знания и позволяя обрабатывать нестандартные случаи так же гибко и разносторонне, как это делала бы груп-

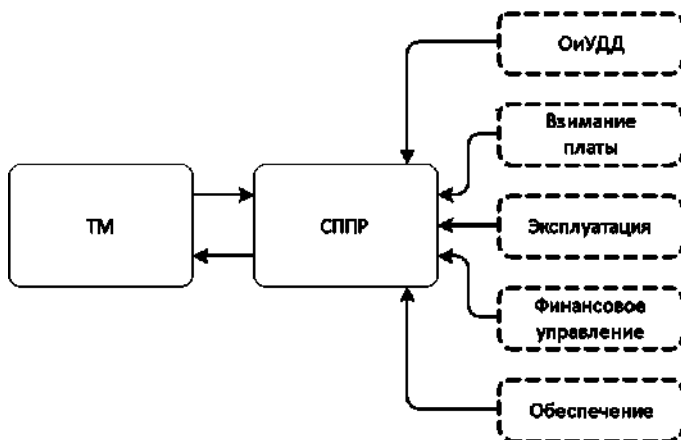
па экспертов. Экспертная система в составе системы поддержки принятия решений принимает на вход результаты анализа «больших данных» и выдаёт, собственно, рекомендации о том, что делать дальше на основании этих данных.

4. *Модуль построения отчётности* – фактически центральный модуль, преобразующий результаты анализа и (или) выводы экспертной системы к виду, который доступен для лица, принимающего решения. Основная задача этого модуля – доступная и эффективная визуализация найденных закономерностей и знаний для руководителей, которые на основании этой информации могут принимать взвешенные и оптимальные решения.

Интеграция системы поддержки принятия решений обычно осуществляется на уровне единой интеграционной платформы всей ИТС. Система поддержки принятия решений интегрируется со следующими подсистемами ИТС (опять же, за исключением хранилища данных):

- транспортная модель;
- системы блока «Организация и управление дорожным движением»;
- системы блока «Взимание платы»;
- системы блока «Финансовое управление»;
- системы блока «Эксплуатация»;
- системы блока «Обеспечение».

Диаграмма интеграции для перечисленных систем выглядит следующим образом:



Из системы поддержки принятия решений в транспортную модель передаётся вся релевантная информация из всех остальных подсистем ИТС, которая соотносится с параметрами транспортных потоков и всем тем, что на них влияет. Обратно из транспортной модели в систему поддержки принятия решений передаются прогнозные значения параметров транспортных потоков для учёта в принимаемых решениях.

Фактически с системой поддержки принятия решений интегрируются все остальные подсистемы ИТС, поскольку именно в этой системе осуществляются агрегирование и анализ информации обо всех аспектах деятельности ИТС. Все перечисленные подсистемы передают в систему поддержки принятия решений информацию. Также в процессе реализации конкретного проекта систему поддержки принятия решений можно интегрировать и с подсистемами других блоков ИТС.

4.3.2. Транспортная модель

Транспортная модель – это специальная информационная система, в которой осуществляется моделирование самой интеллектуальной транспортной системы. Обычно основной аспект делается на моделирование транспортных потоков с учётом различных входных параметров и ограничений, но также иногда осуществляется моделирование собственной деятельности всей ИТС.

Часто транспортная модель используется для моделирования на нескольких уровнях. Традиционно выделяют три уровня моделирования:

- 1) микроуровень – моделирование отдельных объектов транспортной системы (например, перекрёстка, пункта взимания платы, перегона и др.). Объектом моделирования является транспортная единица – автомобиль или пешеход;
- 2) мезоуровень – моделирование параметров транспортных потоков и функционирования ИТС на системном уровне, включающем все микромодели в единую сеть. Объектом моделирования является транспортный поток;
- 3) макроуровень – моделирование макропоказателей транспортной системы в целом на длительных отрезках времени. Объектом моделирования является транспортный спрос и предложение.

Транспортная модель выполняет следующие функции:

- осуществление моделирования на микро-, мезо- и макро-уровне параметров дорожного движения, транспортного спроса и предложения, других значимых параметров для принятия решений при управлении дорожным движением и транспортной системой в целом;
- учёт топологических характеристик улично-дорожной сети, автомобильных дорог и их участков (количество и ширина полос дорожного полотна, ширина обочины, геометрические данные пересечений, расположение технических средств организации дорожного движения);
- учёт характеристик транспортных средств (длина, ширина, максимальная допустимая скорость, максимальное ускорение и торможение, время реакции водителя, минимальная дистанция между транспортными средствами, уровень потребления топлива, уровень выброса загрязняющих веществ и др.);
- учёт различных характеристик транспортных потоков (входная интенсивность движения, интенсивность движения на поворотных направлениях);
- учёт особенностей движения и парковки транспортных средств;
- определение отношения водителей к уровню ограничения скорости, предписаниям об изменении маршрутов движения;
- учёт чувствительности водителя транспортного средства к оценке уровня замедления впереди идущего автомобиля;
- моделирование движения каждого автомобиля в пределах улично-дорожной сети с учётом заданных поведенческих моделей водителей;
- моделирование движения в пределах улично-дорожной сети с участием заданного количества транспортных средств;
- осуществление калибровки имитационной модели с использованием данных, поступающих из других подсистем ИТС в режиме реального времени;
- реализация возможности формирования сетевой стратегии управления дорожным движением и имитации её применения;
- генерация начальных матриц корреспонденций для различных периодов времени и экспериментальных данных от детекторов транспорта.

Кроме того, транспортные модели можно разделить на статические и динамические. Статические транспортные модели основаны на вводе в них информации, калибровке и дальнейшей работе с ними для получения рекомендаций. Динамическая транспортная модель получает транспортную информацию «на лету», выдавая рекомендации для управления дорожной обстановкой непосредственно во время работы ИТС.

Следующая таблица обобщает все виды обеспечения, которые желательно прорабатывать при проектировании транспортных моделей в составе ИТС.

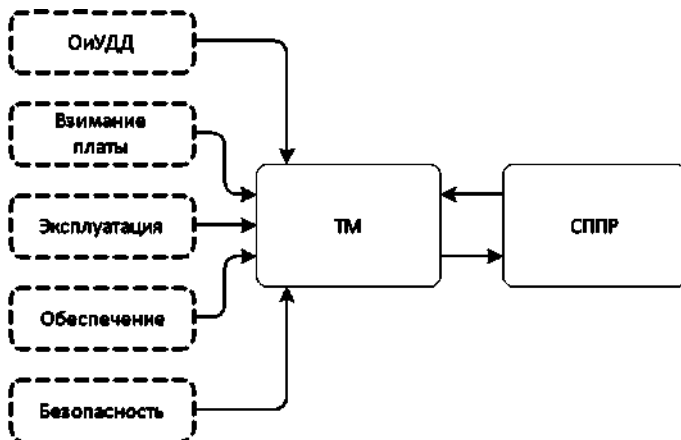
Вид обеспечения	Транспортная модель
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование, на котором работает ядро системы. Автоматизированные рабочие места пользователей системы
Программное	Серверные и клиентские приложения, выполняющие функциональность системы
Информационное	Входные данные: вся доступная транспортная информация. Выходные данные: прогнозные значения параметров транспортных потоков
Организационное	Персонал системы, работающий с её функциональностью
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы и методы транспортного моделирования
Методологическое	Описание методов транспортного моделирования
Методическое	Учебные материалы для транспортных инженеров
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Языки, используемые для взаимодействия с системой

Интеграция транспортной модели осуществляется со всеми системами, где зарождается транспортная информация о потоках и их характеристиках, а также с теми системами, где осуществляется планирование мероприятий, оказывающих прямое воздействие на параметры дорожного движения. Потребителем прогнозной информации из транспортной модели обычно является система поддержки принятия решений, через которую эта информация доводится до всех других систем в сведённом виде. Итого:

- системы блока «Организация и управление дорожным движением»;
- системы блока «Взимание платы»;
- системы блока «Эксплуатация»;

- системы блока «Обеспечение»;
- система блока «Безопасность»;
- система поддержки принятия решений.

Диаграмма интеграции для перечисленных систем выглядит следующим образом:



Из большинства блоков подсистем ИТС в транспортную модель передаётся вся релевантная информация, которая так или иначе соотносится с параметрами транспортных потоков и всем тем, что на них влияет. Из транспортной модели в систему поддержки принятия решений передаются прогнозные значения параметров транспортных потоков для учёта в принимаемых решениях. Обратно из системы поддержки принятия решений в транспортную модель передаётся фактическая информация, которая может влиять на модель. Также получение транспортной моделью данных о воздействии на параметры транспортных потоков может осуществляться косвенным образом через систему поддержки принятия решений после очистки и агрегирования. Конкретный механизм должен выбираться при проектировании ИТС.

4.3.3. Хранилище данных

Хранилище данных (по-английски *Data Warehouse*, в отличие от обычных баз данных) – это база данных, специально разработанная с учётом специфики проблемной области и предназначенная для генерации отчётов и бизнес-анализа с целью поддержки

принятия решений. Фактически это промежуточный слой между базами данных прикладных систем, входящих в состав ИТС, и системой поддержки принятия решений.

При организации хранилища данных необходимо следовать следующим основополагающим принципам:

- *проблемно-предметная ориентация*. Данные объединяются в категории и хранятся в соответствии с областями, которые они описывают. Привязка к приложениям, в которых используются данные, не требуется;
- *интегрированность*. Данные объединены так, чтобы они удовлетворяли всем требованиям ИТС в целом, а не какой-либо единственной её функции или подсистеме;
- *некорректируемость*. Данные в хранилище данных не создаются, но только поступают из внешних источников, не корректируются и не удаляются;
- *зависимость от времени*. Данные в хранилище точны и корректны только в том случае, когда они привязаны к некоторому промежутку или моменту времени.

Хранилище данных выполняет следующие функции:

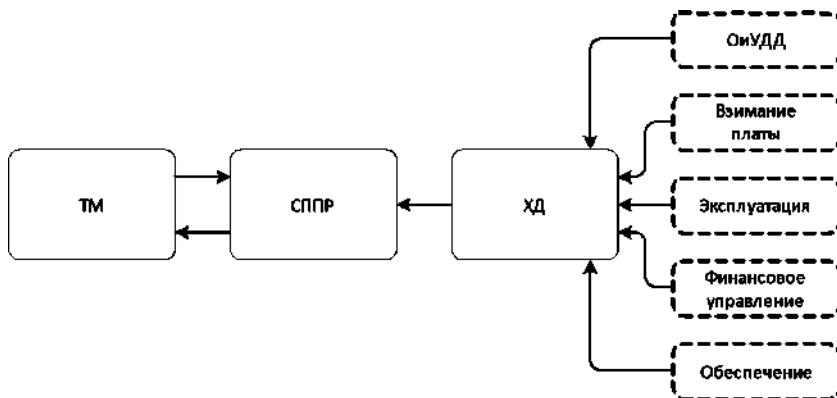
- сбор, агрегирование и хранение всей информации, которая может понадобиться для анализа и построения отчётности, в актуальном виде;
- предоставление быстрого доступа к любому разрезу данных из всех подключённых к хранилищу подсистем ИТС.

В следующей таблице обобщены все виды обеспечения, которые требуется прорабатывать при проектировании хранилища данных.

Вид обеспечения	Хранилище данных
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование, на котором работает хранилище и где размещаются агрегированные данные
Программное	Серверное приложение для управления данными и витринами к ним
Информационное	Вся информация из всех подсистем ИТС, необходимая для анализа деятельности ИТС и построения отчётности
Организационное	Персонал системы, выполняющий функции анализа и построения отчётности
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы и методы хранения данных и обеспечения быстрого доступа к ним
Методологическое	–

Вид обеспечения	Хранилище данных
Методическое	Учебные материалы для аналитиков
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Языки, используемые для доступа к данным

Интеграция хранилища данных в единое информационное пространство ИТС должна стать одной из основных задач при проектировании и реализации последней, так как само по себе хранилище данных организует единое информационное пространство, являясь его основой и фундаментом. Для всех систем, входящих в состав ИТС, должны быть реализованы «шлюзы» и адаптеры для поставки данных в хранилище по определённым технологическим правилам, и уже из хранилища информация в очищенном и агрегированном виде поступает в СППР. Другими словами, диаграмма интеграции, указанная для СППР, в случае наличия хранилища данных преобразуется в следующую:

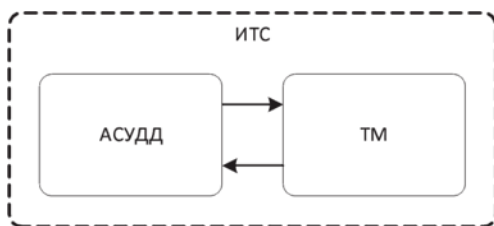


Перечень блоков подсистем ИТС, с которыми интегрируется хранилище данных:

- система поддержки принятия решений;
- системы блока «Организация и управление дорожным движением»;
- системы блока «Взимание платы»;
- системы блока «Финансовое управление»;
- системы блока «Эксплуатация»;
- системы блока «Обеспечение».

4.4. Блок «Организация и управление дорожным движением»

Переходим к важнейшему блоку в составе ИТС – блоку организации и управления дорожным движением. Есть мнение, что вся ИТС сама по себе – это и есть взаимосвязанный набор систем этого блока, а все остальные системы в ИТС не входят (не должны входить) и являются по отношению к ней внешними. Другое мнение заключается в том, что ИТС – это взаимосвязанная совокупность АСУДД (центральная система блока) и ТМ:



Тем не менее в нашем рассмотрении мы полагаем, что в состав ИТС входят все описываемые в этой книге блоки автоматизированных и информационных систем во всём их разнообразии и в тесной их взаимосвязи. Поэтому в рамках рассмотрения блока «Организация и управление дорожным движением» рассмотрим следующие системы:

- 1) автоматизированную систему управления дорожным движением;
- 2) систему видеонаблюдения и видеоаналитики;
- 3) систему фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения;
- 4) систему весогабаритного контроля;
- 5) автоматизированную систему управления наземным городским пассажирским транспортом;
- 6) автоматизированную систему транспортной информации.

Все эти системы напрямую управляют транспортными потоками и дорожным движением в различных его аспектах, поэтому включены в этот блок. Рассмотрим каждую из них более подробно.

4.4.1. Автоматизированная система управления дорожным движением

Автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД) – это «классическая» автоматизированная система управления, у которой в качестве объекта управления выступают процессы дорожного движения, причём под ним подразумевается движение автомобильных транспортных средств, рельсового наземного городского транспорта, велосипедистов и пешеходов. При этом традиционно АСУДД классифицируют по области управления:

- 1) *магистральные АСУДД* – используются для управления транспортными потоками на автомобильных магистралях, обычно в границах одной крупной автомагистрали, включая все или большинство её развязок с пересекающимися автомобильными дорогами; но могут быть и варианты для управления дорожным движением на сети внегородских автомобильных дорог;
- 2) *городские АСУДД* – используются для управления транспортными потоками на улично-дорожных сетях населённых пунктов. Это накладывает дополнительные требования к функциональности таких АСУДД и составу их подсистем.

АСУДД выполняет следующие общие функции управления и организации дорожного движения:

- 1) увеличение пропускной способности автомобильной дороги или улично-дорожной сети;
- 2) обеспечение соответствия параметров транспортных потоков пропускной способности автомобильной дороги или участкам улично-дорожной сети;
- 3) повышение информированности участников дорожного движения и повышение качества получаемой информации о дорожно-транспортной ситуации;
- 4) предотвращение заторовых ситуаций;
- 5) уменьшение задержек в движении автомобильного транспорта;
- 6) уменьшение времени прохождения маршрута;
- 7) снижение числа ДТП и повышение общей безопасности участников дорожного движения;
- 8) снижение времени реагирования на ДТП;

- 9) сдерживание объёмов выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта.

В состав АСУДД традиционно входят следующие подсистемы:

- 1) интеграционная подсистема (ядро АСУДД);
- 2) подсистема организации дорожного движения;
- 3) подсистема мониторинга параметров транспортных потоков;
- 4) подсистема информирования участников дорожного движения;
- 5) подсистема экологического и метеомониторинга;
- 6) подсистема экстренной связи.

Имеет смысл рассмотреть все эти подсистемы более подробно.

4.4.1.1. Интеграционная подсистема АСУДД

Интеграционная подсистема, или ядро, АСУДД – это центральная подсистема, в которую стекаются информационные потоки и управленческие воздействия как из всех остальных подсистем АСУДД, так и из смежных и внешних систем. Интеграционная подсистема диспетчеризует такие потоки, перенаправляет их в адресные подсистемы и системы, а также исполняет сценарии управления.

Функции интеграционной подсистемы АСУДД:

- 1) управление остальными подсистемами;
- 2) диспетчеризация интеграционных потоков и маршрутизация информационных сообщений;
- 3) управление правами доступа;
- 4) выполнение сценариев управления;
- 5) мониторинг состояния исполняемого сценария;
- 6) управление базой сценариев.

Наиболее интересной функцией в этом списке является функция по управлению и выполнению сценариев. Фактически каждый сценарий – это правило управления, которое состоит из следующих компонентов:

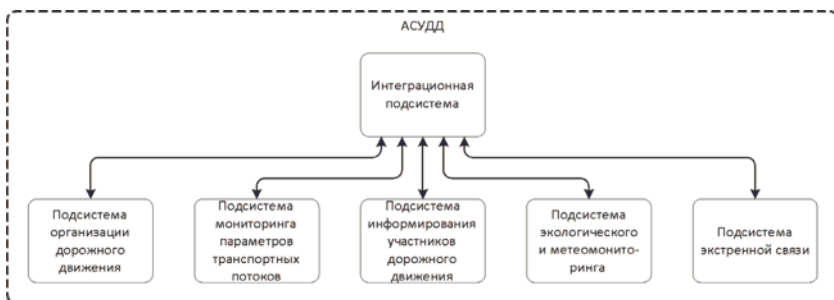
- *контекст* – окружение, элементы подсистем АСУДД, для которых определён сценарий. Например, сценарий может быть определён только для отдельных табло отображения информации, находящихся в определённом районе города. Или сценарий может быть определён для всех автоматических дорожных станций;

- *входные условия* – возможные значения или их интервалы для отслеживаемых показателей, при совпадении или попадании в которые сценарий запускается на исполнение. Например, это может быть такое условие: «Температура поверхности дороги < 2 градуса и > -3 градуса И Относительная влажность воздуха $> 75\%$ ». В этом примере отслеживаемыми показателями являются «Температура поверхности дороги» и «Относительная влажность воздуха», а интервалы – $[-3; 2]$ и $[75; 100]$ соответственно;
- *перечень выполняемых действий* – собственно исполнительная часть сценария управления, в которой перечислены все те действия, которые выполняет АСУДД при выполнении выходных условий в заданном контексте. Например, для входных условий в предыдущем пункте список действий может состоять из следующих:
 - на все табло отображения информации в радиусе 1 км от автоматической дорожной метеостанции вывести сообщение «Внимание, гололёд. Водители, будьте осторожны»;
 - при помощи управляемых дорожных знаков установить ограничение скорости на 50 км/ч;
 - для всех пунктов Системы автоматического распыления антигололёдного реагента, находящихся в радиусе 1.5 км от автоматической дорожной метеостанции, подать сигнал о распылении установленного количества реагента;
 - отправить в АСУ ЖКХ сигнал о необходимости принять меры по устранению гололёда;
- *условие останова* – перечень событий или значений каких-либо параметров в объекте управления, среде или в самой АСУДД либо в иных подсистемах ИТС, появление которых должно остановить исполнение сценария. Например, для описанного выше сценария условием останова может быть такое: «Подъём температуры окружающей среды выше $+2$, ИЛИ снижение температуры окружающей среды ниже -3 , ИЛИ получение сигнала из АСУ ЖКХ о том, что проведена противогололёдная обработка дорожного покрытия на всей зоне действия сценария».

Соответственно, интеграционная подсистема АСУДД постоянно отслеживает состояние всех других подсистем, принимает из них сигналы и при возникновении условий для запуска сценария осуществляет такой запуск, передавая в смежные подсисте-

мы и внешние системы управляющие воздействия, приводящие к выполнению действий сценария. После этого для каждого запущенного на выполнение сценария осуществляется мониторинг правильности его исполнения и контроль условий останова этого сценария. При возникновении последних сценарий останавливается и снимается с мониторинга.

Общая схема интеграции в рамках АСУДД представлена на диаграмме:



Теперь рассмотрим остальные подсистемы АСУДД.

4.4.1.2. Подсистема организации дорожного движения

Подсистема организации дорожного движения является основной после интеграционной подсистемы в составе городских АСУДД, так как она предназначена для управления транспортными потоками на пересечениях в одном уровне. В составе магистральных АСУДД эта подсистема практически не используется, хотя бывают и исключения. Более того, в составе городских и магистральных АСУДД эта подсистема управляет различными типами оборудования – светофорными контроллерами в городе и шлагбаумами или иными барьерными устройствами на автотрассе. Впрочем, и там, и там могут использоваться оба типа периферийного оборудования.

Основные функции подсистемы организации дорожного движения:

- координированное управление светофорной сигнализацией по параметрам транспортных потоков (при наличии детекторов транспорта) либо по времени суток;
- диспетчерское управление перекрёстками либо группой перекрёстков с автоматизированного рабочего места оперативного управления;

- формирование статистики по работе технических средств организации дорожного движения;
- формирование статистики по параметрам транспортных потоков и выдача рекомендаций по изменению режимов управления.

Фактически для выполнения этих функций на светофорных объектах (перекрёстках) требуется размещение следующего периферийного оборудования:

- дорожные контроллеры;
- тактические детекторы транспорта.

Дорожный контроллер реализует методы управления дорожным движением на светофорном объекте. Под методами управления дорожным движением понимаются те особенности реализации функций по управлению, которые использованы в конкретной АСУДД. Функция управления дорожным движением может принимать на вход различные параметры, как то: параметры дорожного движения на локальном СО, тренды со стратегических детекторов транспорта, данные о перекрытиях, данные о фактической и прогнозной погоде и др. На выходе у такой функции появляются управляющие воздействия на фазы светофорного регулирования в каждый конкретный момент времени.

Методы управления дорожным движением можно классифицировать по источнику управляющего сигнала, по количеству перекрёстков и по цели управления.

По источнику управляющего сигнала можно выделить:

- *локальное* управление СО;
- *централизованное* управление СО.

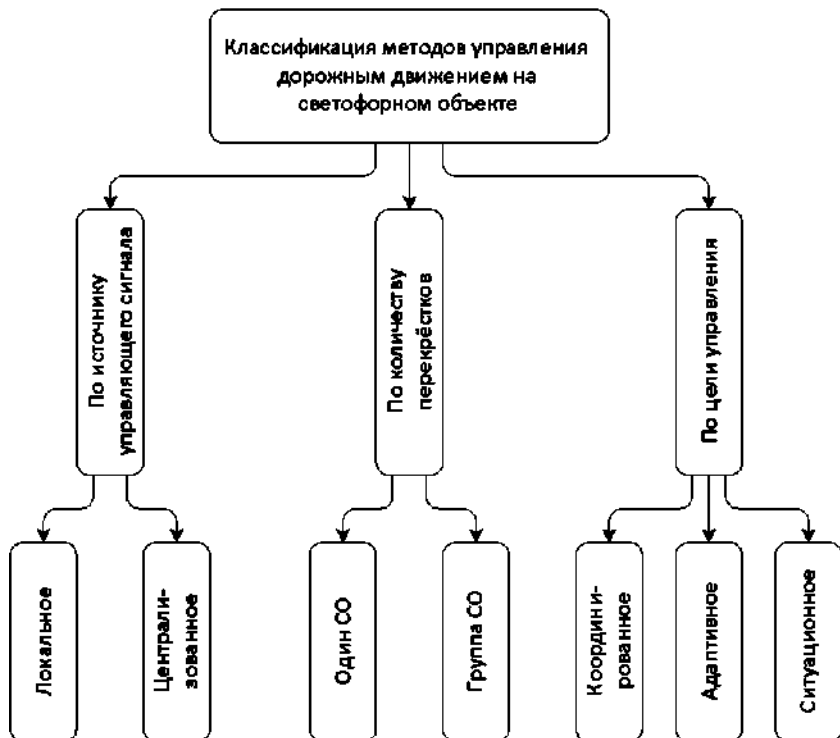
По количеству перекрёстков, дорожное движение на которых регулируется установленными средствами автоматизации управления транспортными потоками, методы управления классифицируются на:

- управление *одним* СО;
- управление *группой* СО.

По цели управления выделяются:

- *координированное* управление (управление одним маршрутом);
- *адаптивное* управление (управление группой маршрутов);
- *ситуационное* управление.

Общий классификатор методов управления дорожным движением выглядит следующим образом:



Принимая во внимание перечисленные способы классификации методов управления светофорными объектами, можно определить следующие режимы управления:

- 1) *ручной режим*. Сотрудник специальной службы, обеспечивающей безопасность дорожного движения, находится непосредственно на светофорном объекте и при помощи подключённого к контроллеру выносного пульта управления управляет фазами каждого светофора, принимая решение на основании визуального контроля транспортных потоков;
- 2) *диспетчерский режим*. Диспетчер, находясь в дежурно-диспетчерском центре или ином центре управления дорожным движением, удалённо выполняет переключение фаз светофорного объекта на основании показателей детекторов транспорта или визуального контроля транспортных потоков при помощи видеокамер. При этом диспетчер мо-

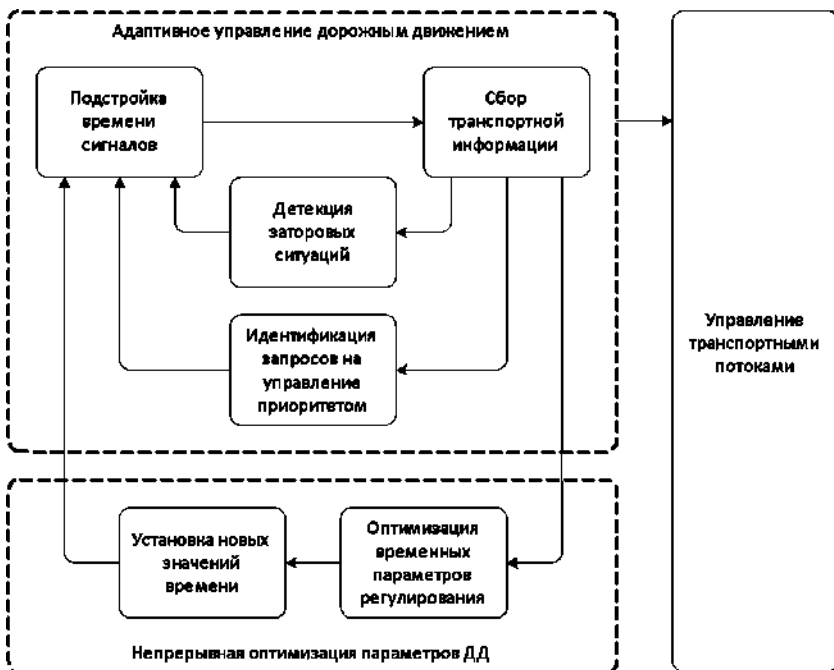
жет либо переключать фазы, либо изменять на дорожном контроллере исполняемые программы;

- 3) *программный режим*. Дорожный контроллер выполняет программу переключения фаз, которая была выбрана и установлена в качестве текущей из имеющегося в памяти контроллера набора программ. Обычно программа соответствует статистическим закономерностям, выявленным для заданного месяца, дня недели, времени суток, поэтому иногда этот режим называется «календарным»;
- 4) *координированный режим*. В единый контур управления включено несколько светофорных объектов, составляющих один маршрут движения. Эти светофорные объекты управляются координированно так, что на маршруте обеспечивается повышение эффективности дорожного движения;
- 5) *адаптивный режим*. Несколько светофорных объектов, составляющих несколько маршрутов движения (часто пересекающихся и переплетающихся), также включены в единый контур управления, и на них осуществляется оптимизация дорожного движения для совокупного повышения эффективности;
- 6) *ситуационный режим*. Наиболее общий режим, при котором выбор конкретного метода и алгоритма управления на перекрёстке, в зоне или на целой улично-дорожной сети определяется стратегической целью. Обычно в ситуационный режим система управления переводится в случае возникновения непредвиденных, чрезвычайных или кризисных ситуаций.

Наиболее интересным является адаптивный режим управления, так как адаптивность – это одна из характеристик интеллектуальной системы. Адаптивным называется такой режим управления светофорным объектом, при котором длины фаз и некоторые другие характеристики светофорного цикла изменяются в зависимости от значений параметров транспортных потоков по конфликтным направлениям.

Адаптивное управление основано на получении информации о параметрах транспортных потоков, которое может осуществляться как в режиме реального времени, так и заранее. Характеристики светофорного цикла меняются в зависимости от так называемого «показателя насыщенности» – совокупного показателя транспортных запросов на контролируемом светофорном

объекте. Показатель насыщенности характеризует теоретическую возможность безостановочного пропуска транспортных средств через регулируемый перекрёсток.



Если показатель насыщенности больше единицы, то суммарный транспортный запрос по конфликтным направлениям перекрёстка превышает сумму потоков насыщения транспортных полос, обслуживающих эти направления. В этом случае пропустить все подъезжающие транспортные средства за один цикл невозможно, и тогда задачей адаптивного управления становится уменьшение суммарной совокупной задержки. Если же показатель насыщенности меньше единицы, то адаптивное управление осуществляет предотвращение образования очередей и тем самым максимально приближает светофорный объект к безостановочному движению.

В качестве подрежимов адаптивного управления можно отметить следующие:

- *адаптивное статистическое управление*, которое заключается в частой смене фаз светофорного объекта по календар-

ному расписанию. Календарное расписание составляется с учётом экспертных оценок и статистических данных о параметрах транспортных потоков;

- *адаптивное стратегическое управление*, которое заключается в смене оптимизированных фазовых таблиц по сигналам со стратегических детекторов, фиксирующих транспортную картину на макроуровне;
- *адаптивное координированное управление*, обеспечивающее дополнительно к предыдущему уровню изменение оптимизированных таблиц внутри светофорного цикла в соответствии с показаниями тактических детекторов транспорта, но с сохранением частичной координации с соседними перекрёстками;
- *адаптивное заторовое управление*, которое обеспечивает независимое функционирование каждого перекрёстка с реализацией максимальной пропускной способности за счёт смены фаз светофорного цикла по заранее оптимизированному по критерию минимальной задержки таблицам, загружаемым в соответствии с показаниями тактических детекторов транспорта.

Нижеследующая таблица обобщает виды обеспечения, которые необходимо детально прорабатывать при проектировании подсистемы организации дорожного движения.

Вид обеспечения	Подсистема организации дорожного движения
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование, на котором работает подсистема, автоматизированные рабочие места транспортных инженеров, дорожные контроллеры, тактические детекторы транспорта
Программное	Центральная система управления светофорным хозяйством, инструментарий транспортного инженера для программирования дорожных контроллеров
Информационное	Программы дорожных контроллеров, параметры транспортных потоков на управляемых перекрёстках, информация для обмена с внешними и смежными системами
Организационное	Транспортные инженеры
Метрологическое	Энергонезависимые часы в дорожных контроллерах, локальные детекторы транспорта
Математическое	Алгоритмы и методы организации дорожного движения на светофорных объектах, в том числе алгоритмы адаптивного управления

Вид обеспечения	Подсистема организации дорожного движения
Методологическое	Методы расчёта длительности фаз и методы программирования дорожных контроллеров
Методическое	Учебные материалы для транспортных инженеров
Правовое	Правила дорожного движения на перекрёстках и светофорных объектах, правила проектирования, реализации и обслуживания технических средств организации дорожного движения
Юридическое	Вопросы ответственности при ДТП на светофорных объектах
Лингвистическое	Языки графического интерфейса пользователя на АРМ

С точки зрения интеграции подсистема организации дорожного движения связывается с интеграционной подсистемой АСУДД, осуществляя через неё межсистемное взаимодействие с любыми внешними по отношению к АСУДД системами и с другими подсистемами АСУДД. Информационные потоки должны быть определены на этапе проектирования конкретной ИТС с учётом всего комплекса средств автоматизации в ней.

Обычно подсистема организации дорожного движения получает информацию из подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков для подстройки значений временных параметров светофорных фаз в зависимости от интенсивности дорожного движения и транспортной нагрузки на улично-дорожную сеть.

4.4.1.3. Подсистема мониторинга параметров транспортных потоков

Подсистема мониторинга параметров транспортных потоков предназначена для мониторинга в режиме реального времени интенсивности дорожного движения по полосам и отрезкам автомобильных дорог и участков улично-дорожных сетей населённых пунктов.

Эта подсистема выполняет следующие функции:

- 1) интегрированный сбор данных с детекторов транспорта о параметрах транспортных потоков;
- 2) обнаружение транспортных средств на автомобильной дороге по каждой полосе движения в местах установки детекторов транспорта;
- 3) определение общего количества транспортных средств, прошедших по каждой полосе за заданный период;

- 4) определение средней скорости движения транспортного потока по полосе за определённый период;
- 5) определение усреднённого значения занятости в зонах контроля по полосам за определённый период;
- 6) мониторинг производительности детекторов транспорта для эффективной регистрации, сбора и просмотра статистики и измерений;
- 7) представление текущего состояния дорожного движения;
- 8) представление текущих значений параметров дорожного движения;
- 9) представление статистических данных по значениям измеряемых показателей за определённые периоды времени или по определённым зонам;
- 10) хранение архивных (исторических) данных и формирование на их основе отчётных документов;
- 11) хранение и выдача архивной информации в виде графиков и таблиц;
- 12) представление отчётных данных за требуемый период.

В следующей таблице обобщены все виды обеспечения, которые требуется прорабатывать при проектировании подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков.

Вид обеспечения	Подсистема мониторинга параметров транспортных потоков
Аппаратно-техническое	Детекторы транспорта, объектовые узлы связи, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в центре управления (может быть совмещено с другими подсистемами)
Программное	Драйверы для работы с детекторами транспорта, программное обеспечение для обработки сигналов с детекторов транспорта, адаптер в ядро АСУДД
Информационное	Информация, передаваемая детекторами транспорта, а также обработанная и сведённая информация о параметрах транспортных потоков, передаваемая подсистемой в интеграционную подсистему АСУДД. Кроме того, в состав информационного обеспечения входит информация о работоспособности детекторов транспорта
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание периферийного оборудования (может совмещать функции обслуживания других подсистем АСУДД и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на автомобильных дорогах)
Метрологическое	Детекторы транспорта и методы измерения ими параметров транспортных потоков

Вид обеспечения	Подсистема мониторинга параметров транспортных потоков
Математическое	Алгоритмы преобразования «сырых данных» с детекторов транспорта в значения параметров транспортных потоков
Методологическое	Методология использования значений параметров транспортных потоков в функциях организации и управления дорожным движением
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по ремонту и эксплуатационная документация на детекторы транспорта
Правовое	Стандарты и правила размещения детекторов транспорта
Юридическое	Варианты использования значений параметров транспортных потоков для осуществления процессуальных действий и оперативно-розыскных мероприятий
Лингвистическое	Протоколы передачи информации от детекторов

В качестве периферийного оборудования в подсистеме мониторинга параметров транспортных потоков используются «стратегические» детекторы транспорта, которые измеряют параметры на перегонах между перекрёстками и на важных отрезках автомагистралей. Этим они отличаются от локальных (тактических) детекторов транспорта, используемых в подсистеме организации дорожного движения для контроля отдельных полос движения на перекрёстках при организации адаптивного режима управления светофорным объектом. В то время как тактические детекторы транспорта фактически предназначены только для управления перекрёстком, стратегические детекторы собирают транспортную информацию для её использования в различных вариантах – для косвенного управления, для моделирования и прогнозирования, для сбора статистики и последующей перенастройки светофорных программ.

В качестве детекторов транспорта могут использоваться разнообразные устройства, основанные на различных технологиях, в частности:

- *детекторы физического контакта.* Устаревшая технология, которая практически больше нигде не применяется. Обычно использовались датчики, которые срабатывали от физического контакта с автомобилем, то есть когда автомобиль наезжал на сенсорное устройство. Чаще всего это были пневматические трубки, реже – электрические контакты. Такие датчики быстро выходили из строя, хотя их точность была на необходимом уровне;

- *индукционные петли*. Также старая технология, основанная на фиксации изменения индуктивности петлевой антенны, которое происходит из-за воздействия массивного металлического объекта. Принцип действия абсолютно такой же, как у индукционных металлодетекторов. Фиксирует только присутствие автомобиля, остальные параметры транспортных потоков необходимо вычислять аналитически. Очень дешёвая технология для внедрения и обслуживания, при этом довольно точная, однако антенну необходимо монтировать в асфальт;
- *магнитометры*. Детектор, измеряющий изменение характеристик магнитного поля при наезде на него транспортного средства. Фактически измеряет параметры транспортных потоков примерно по схожей схеме, как и индукционные петли, также требует монтажа в дорожное полотно, но при этом монтаж более простой. Кроме того, обмен информации с таким детектором осуществляется при помощи беспроводных каналов связи. В качестве технического обслуживания требует замены батарейки раз в несколько лет. Подвержен тем же проблемам, что и индукционные петли, – необходим перемотаж в случае ремонта. Но если петли – это одноразовые устройства, то магнитометрический детектор транспорта может быть вынут из своего гнезда и смонтирован заново;
- *ИК-детекторы*. Фотоэлектрический детектор, испускающий луч света в инфракрасном диапазоне и фиксирующий отражённый луч. В целом несколько устаревшая технология, поскольку сегодня имеются детекторы, которые не обладают отрицательными свойствами ИК-детекторов: погрешность измерений, возникающая при многорядном интенсивном движении транспорта, негативное влияние на точность пыли, грязи, дождя и снега;
- *радиолокационные детекторы*. Детектор, использующий для обнаружения транспортного средства радиоволны. Фактически это направленная антенна, которая излучает радиоволны вдоль проезжей части и фиксирует отражённый сигнал. Для этого используется эффект Доплера, а потому детектор может измерять непосредственные мгновенные скорости транспортных средств, причём движущихся в различных направлениях. Разные варианты детекторов этого типа мо-

гут «обслуживать» различное количество полос движения. Некоторые модели можно использовать вместе со средствами видеоаналитики для классификации транспортных средств;

- *ультразвуковые детекторы*. Фактически такие же детекторы, как ИК- и радиолокационные, только вместо инфракрасного света и радиоволн соответственно используется ультразвук. Обладают теми же самыми свойствами;
- *видеодетекторы*. Видеокамеры со встроенным программным обеспечением для выполнения отдельных аналитических функций и распознавания образов, что позволяет вести учёт транспортных средств и, соответственно, вычислять значения параметров транспортных потоков. Наиболее универсальная технология, которая, однако, требует тщательной настройки и трепетного технического обслуживания. Чувствительны к плохой погоде (туман, снег, летящая с проезжей части грязь и т. п.), в результате чего точность может снижаться. Вместе с тем часто используются в качестве тактических детекторов для локального адаптивного управления на отдельных светофорных объектах или их взаимосвязанной сети;
- *детекторы с объединением нескольких технологий в одном устройстве*. Наконец, для использования сильных сторон различных технологий детектирования в одном устройстве может использоваться несколько различных технологий. Например, широко распространены детекторы транспорта тройной технологии, в которой используются радиолокационная, инфракрасная и ультразвуковая технологии.

Аппаратно-логическая архитектура подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков выглядит следующим образом:



В свою очередь, программно-логическая архитектура подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков выглядит так:



От детектора транспорта в центр идёт два потока информации:

- 1) срез мгновенных значений параметров транспортных потоков;
- 2) информация о собственной работоспособности (в том числе «сердцебиение», если это возможно).

Взаимодействие подсистемы со смежными системами ИТС осуществляется через интеграционную подсистему АСУДД. Обычно подсистема мониторинга параметров транспортных потоков только передаёт информацию вовне, а именно по запросу или периодически по регламенту передаёт значения параметров транспортных потоков для заданных точек на улично-дорожной сети или сети региональных автомобильных дорог. Кроме того, может передаваться сводная информация по запрашиваемым параметрам в различных срезах: по времени, по заданным локациям, по классам транспортных средств.

4.4.1.4. Подсистема информирования участников дорожного движения

Подсистема информирования участников дорожного движения предназначена для косвенного управления транспортными и пешеходными потоками путём вывода на табло и другие средства отображения информации предупреждающих сообщений и дорожных знаков рекомендательного характера.

Эта подсистема выполняет следующие функции:

- 1) вывод на средства отображения информации о состоянии дорожного движения на улично-дорожной сети или на автомобильной дороге и подъездах к ней (в том числе информации о ремонтах, перекрытиях и т. п.);
- 2) вывод на средства отображения информации об осложнениях дорожно-транспортной ситуации (в том числе о дорожно-транспортных происшествиях, заторах, следовании колонн уборочной техники, следовании спецтранспорта и т. п.);
- 3) вывод на средства отображения информации графической и текстовой информации следующего содержания:

- рекомендуемая скорость движения;
- дорожные знаки;
- текстовые сообщения;
- 4) контроль информации, выводимой на табло и управляемые дорожные знаки;
- 5) вывод иной информации социально значимого характера.

Следующая таблица сводит информацию обо всех видах обеспечения, которые требуется прорабатывать при проектировании подсистемы информирования участников дорожного движения.

Вид обеспечения	Подсистема информирования участников дорожного движения
Аппаратно-техническое	Динамические информационные табло, табло отображения информации, знаки переменной информации, управляемые дорожные знаки, объектовые узлы связи, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в центре управления (может быть совмещено с другими подсистемами). Кроме того, в состав этого вида обеспечения могут включаться устройства участников дорожного движения – бортовые системы транспортных средств и коммуникационные устройства (смартфоны, планшеты и т. п.)
Программное	Драйверы для работы со всеми типами периферийного оборудования подсистемы, программное обеспечение для обработки сигналов с периферийного оборудования подсистемы, адаптер в ядро АСУДД
Информационное	Информация, передаваемая на периферийные устройства подсистемы, а также информация о работоспособности периферийного оборудования подсистемы
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание периферийного оборудования (может совмещать функции обслуживания других подсистем АСУДД и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на автомобильных дорогах)
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	Методология использования средств вывода информации для косвенного управления дорожным движением
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по ремонту и эксплуатационная документация на периферийное оборудование подсистемы
Правовое	Стандарты и правила размещения средств отображения информации на улично-дорожной сети и автомобильных дорогах

Вид обеспечения	Подсистема информирования участников дорожного движения
Юридическое	Описание того, каким образом информация на средствах отображения влияет на юридические вопросы организации и управления дорожным движением
Лингвистическое	Протоколы передачи информации в средства отображения информации, языки отображения информации на периферийном оборудовании подсистемы

В качестве периферийного оборудования в подсистеме информирования участников дорожного движения используются различного рода табло для отображения символьной, текстовой и графической информации. Существует определённого рода путаница в наименованиях разных типов таких табло, используются различные термины. Но обычно все средства отображения информации разделяются на два вида. Во-первых, это «большие» табло, на которых выводится текстовая информация иногда вместе с дорожными знаками или мнемосхемы участков автомобильных дорог с отображением дорожной обстановки. Во-вторых, это «малые» табло, используемые только в качестве дорожных знаков.

«Большие» табло могут называться следующим образом:

- *табло переменной информации (ТПИ)* – этим термином называется в принципе любое табло для предоставления информации о дорожной обстановке участникам дорожного движения. Такие табло могут быть построены на любой технологии от устаревшей механической до современных SMD-светодиодов с полной передачей цветности;
- *динамическое информационное табло (ДИТ)* – под ДИТ обычно подразумевается табло с предустановленными вариантами надписей и (или) знаков либо табло с несколькими строками для вывода текстовой информации и одним полем в специальном месте для вывода знака или иной графической информации. Такие табло практически никогда не являются полноцветными и могут выводить только ограниченный набор данных для участников дорожного движения. До сих пор идёт спор о том, являются ли такие табло хуже или лучше полноцветных универсальных;
- *табло отображения информации (ТОИ)* – под ТОИ подразумевается полноцветное универсальное табло больших размеров для вывода на него произвольной статической или

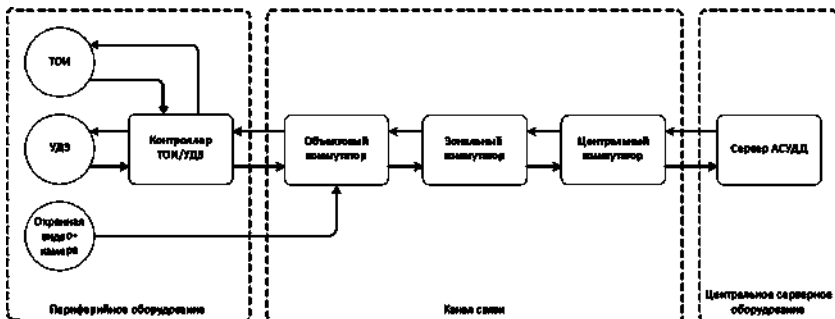
даже динамической графической информации. Фактически это «телевизоры» на автомобильной дороге, которые могут выполнять не только роль средств информирования участников дорожного движения, но и использоваться, например, в качестве рекламных поверхностей.

В свою очередь, «малые» табло могут называться следующим образом:

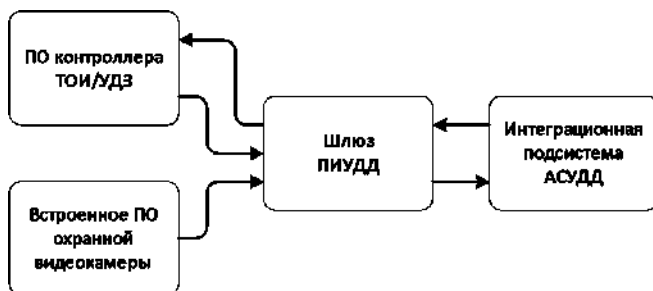
- *знак переменной информации (ЗПИ)* – это аналог ДИТ, только в типоразмерах дорожных знаков. Другими словами, ЗПИ – это обычно табло переменной информации небольшого размера квадратной (тип А) или вертикально-прямоугольной (тип В/С) формы для отображения дорожных знаков, которые предустановлены в рамках конкретного устройства. Кроме тех дорожных знаков, которые запрограммированы или даже выстроены при помощи светодиодов внутри ЗПИ, это средство отображения ничего показывать не может;
- *управляемый дорожный знак (УДЗ)* – а это аналог ТОИ, только опять же в типоразмерах для отображения дорожных знаков. Это полноцветные матрицы светодиодов, в которых шаг пикселей обычно меньше, чем в ТОИ для более качественного отображения изображений в целях повышения узнаваемости отображаемых знаков.

В англоязычных источниках все такие средства отображения называются VMS – *variable message sign* (англ. «знак переменной информации»).

Аппаратно-логическая архитектура подсистемы информирования участников дорожного движения выглядит следующим образом:



В свою очередь, программно-логическая архитектура подсистемы информирования участников дорожного движения выглядит так:



Информационные потоки в рамках рассматриваемой подсистемы следующие:

- 1) в средства отображения информации передаются данные для отображения и управляющие воздействия, описывающие способ и регламент отображения;
- 2) от средств отображения информации в центральное серверное оборудование передаётся информация о собственной работоспособности (в том числе «сердцебиение», если это возможно);
- 3) от охранной видеокамеры в центральное серверное оборудование передаётся видеопоток для визуального контроля периферийного оборудования, а также информация о собственной работоспособности (в том числе «сердцебиение», если это возможно).

Взаимодействие подсистемы со смежными системами ИТС осуществляется через интеграционную подсистему АСУДД. Обычно подсистема информирования участников дорожного движения только принимает данные, которые необходимо вывести на средства отображения информации, а также транслирует видеопоток с охранной видеокамеры.

4.4.1.5. Подсистема экологического и метеомониторинга

Подсистема экологического и метеомониторинга предназначена для мониторинга метеорологической и экологической обстановки на всём протяжении автомобильной дороги или улично-дорожной сети.

Эта подсистема выполняет следующие функции:

- 1) сбор и хранение метеорологической информации с автоматических дорожных метеостанций, в том числе:
 - a) состояние дорожного покрытия;
 - b) температура и влажность воздуха;
 - c) атмосферное давление;
 - d) уровень и тип осадков;
 - e) направление и скорость ветра;
 - f) дальность видимости;
 - g) уровень концентрации вредных веществ;
 - h) другие возможные параметры;
- 2) статистическая обработка экологических и метеоданных с подготовкой отчётности в различных формах;
- 3) ведение справочника экологического и метеорологического оборудования и учёт мест его установки;
- 4) передача данных о текущей экологической и метеорологической обстановке и прогнозе её развития в другие подсистемы АСУДД;
- 5) параметризация процесса получения данных с экологического и метеорологического оборудования;
- 6) прогнозирование развития метеорологической и экологической обстановки.

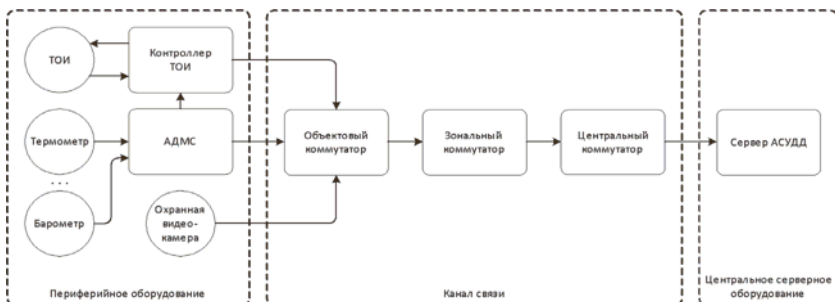
В следующей таблице приведены сведения обо всех видах обеспечения, которые требуется описывать при проектировании подсистемы экологического и метеомониторинга.

Вид обеспечения	Подсистема экологического и метеомониторинга
Аппаратно-техническое	Автоматические дорожные метеостанции, объектовые узлы связи, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в центре управления (может быть совмещено с другими подсистемами)
Программное	Драйверы для работы с автоматическими дорожными метеостанциями, программное обеспечение для обработки сигналов с различных датчиков, адаптер в ядро АСУДД
Информационное	Информация, передаваемая из автоматических дорожных метеостанций, а также информация об их работоспособности
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание автоматических дорожных метеостанций (может совмещать функции обслуживания других подсистем АСУДД и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на автомобильных дорогах)

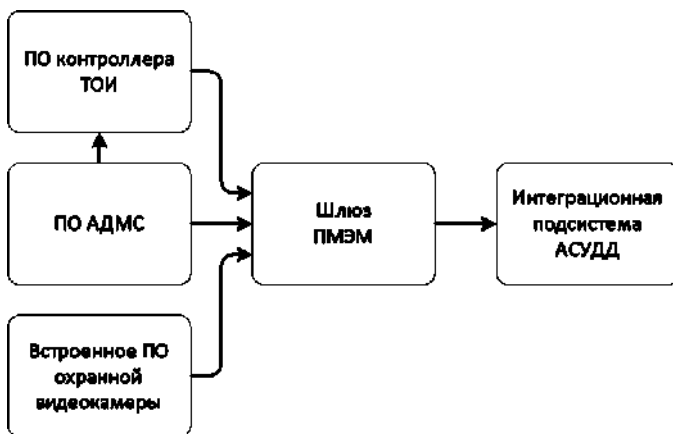
Вид обеспечения	Подсистема экологического и метеомониторинга
Метрологическое	Автоматические дорожные метеостанции и методы измерения ими различных метеорологических и экологических параметров
Математическое	Алгоритмы преобразования «сырых данных» с метеорологических и экологических датчиков в текущие и прогнозные значения экологического и метеомониторинга
Методологическое	Методология использования автоматических дорожных метеостанций для поддержки принятия решений при управлении дорожным движением и эксплуатации автомобильных дорог
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по ремонту и эксплуатационная документация на периферийное оборудование подсистемы
Правовое	Стандарты и правила размещения автоматических дорожных метеостанций на улично-дорожной сети и автомобильных дорогах
Юридическое	–
Лингвистическое	Протоколы передачи информации из автоматических дорожных метеостанций

В подсистеме экологического и метеомониторинга имеется только один вид периферийного оборудования – это автоматические дорожные метеостанции. К ним могут подключаться различные сенсоры, снимающие информацию о различных показателях погоды и экологии. Кроме того, в состав подсистемы можно отнести табло отображения информации непосредственно около метеостанции, а также охранную видеокамеру. В случае использования табло на него непосредственно выводится текущая погода в точке измерения, и оно получает информацию напрямую от контроллера метеостанции.

Аппаратно-логическая архитектура подсистемы экологического и метеомониторинга выглядит следующим образом:



В свою очередь, программно-логическая архитектура подсистемы экологического и метеомониторинга выглядит так:



Информационные потоки в рамках рассматриваемой подсистемы следующие:

- 1) из АДМС в средство отображения информации – данные о текущей погоде и, если в АДМС есть функция прогнозирования, данные о краткосрочном прогнозе погоды;
- 2) из АДМС в центральную систему – телеметрические данные со всех датчиков о текущих значениях экологических и метеорологических показателей. Кроме того, передаётся информация о состоянии как самой АДМС, так и датчиков (самодиагностика);
- 3) из средства отображения информации в центральную систему – данные о собственном состоянии (самодиагностика);
- 4) из охранной видеокамеры в центральную систему – видеопоток для наблюдения за АДМС со средством отображения информации, а также данные о собственном состоянии (самодиагностика).

Взаимодействие подсистемы со смежными системами ИТС осуществляется через интеграционную подсистему АСУДД. Обычно подсистема экологического и метеомониторинга только передаёт данные, которые можно использовать для управления и организации дорожного движения, а также транслирует видеопоток с охранной видеокамеры.

4.4.1.6. Подсистема экстренной связи

Подсистема экстренной связи предназначена для обеспечения экстренной связи участников дорожного движения с оператором дежурно-диспетчерского центра для решения вопросов в экстренных ситуациях.

Эта подсистема выполняет следующие функции:

- 1) акустическая сигнализация и отображение аварийного вызова на экране монитора управляющего компьютера с точным указанием места происшествия;
- 2) отображение всей информации на мультимедийном дисплее с автоматическим развёртыванием крупномасштабного изображения при подаче тревоги в случае дорожно-транспортного происшествия или технической аварии;
- 3) связь участников дорожного движения, находящихся на автомагистрали или улично-дорожной сети, на пунктах экстренной связи, с оператором дежурно-диспетчерского центра посредством голосовой и видеосвязи;
- 4) ведение протокола вызовов и автоматическая запись разговора с архивацией.

По своей сути подсистема экстренной связи должна входить в состав системы транспортной безопасности, однако её традиционно относят к АСУДД, особенно если речь идёт о магистральных решениях с периодическими телефонами на обочине. Тем не менее если при проектировании ИТС будет более целесообразно отнести подсистему с такой функциональностью именно к транспортной безопасности, то это надо сделать.

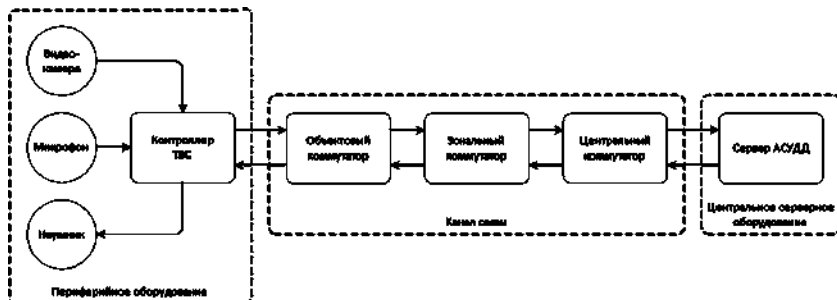
Следующая таблица даёт информацию обо всех видах обеспечения, которые требуется описывать при проектировании подсистемы экстренной связи.

Вид обеспечения	Подсистема экстренной связи
Аппаратно-техническое	Телефоны экстренной связи, объектовые узлы связи, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в центре управления (может быть совмещено с другими подсистемами), автоматическая телефонная станция
Программное	Драйверы для работы с телефонами экстренной связи, адаптер в ядро АСУДД
Информационное	Видео- и аудиоинформация, передаваемая телефонами экстренной связи, геолокационная информация, а также информация о работоспособности периферийного оборудования

Вид обеспечения	Подсистема экстренной связи
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание телефонов экстренной связи (может совмещать функции обслуживания других подсистем АСУДД и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на автомобильных дорогах)
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	Методология использования телефонов экстренной связи для оказания помощи и поддержки участникам дорожного движения
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по ремонту и эксплуатационная документация на периферийное оборудование подсистемы
Правовое	Стандарты и правила размещения телефонов экстренной связи на улично-дорожной сети и автомобильных дорогах
Юридическое	Нормативные акты, регламентирующие права, обязанности и ответственность должностных лиц и участников дорожного движения, коммуницирующих при помощи телефонов экстренной связи
Лингвистическое	Протоколы передачи информации между телефонами экстренной связи и центром управления

В подсистеме экстренной связи используется только один вид периферийного оборудования – это телефоны. В составе телефонов могут быть устройства для видеозвонка и геопозиционирования, но в целом обязательно должна быть реализована функция по обеспечению гарантированной связи с диспетчером центральной системы. Главный вопрос именно в обеспечении гарантированной связи, которой можно воспользоваться в случае экстренной или чрезвычайной ситуации, даже в случае если личные коммуникационные устройства участников дорожного движения перестали работать по локальной или глобальной причине (например, не просто закончился заряд батарей в смартфоне, но и в случае если произошла авария у оператора сотовой связи). При использовании встроенной в телефон видеокамеры она может использоваться при звонках для передачи видеoinформации о звонящем, а в остальное время – в качестве охранной или обзорной.

Аппаратно-логическая архитектура подсистемы экстренной связи выглядит следующим образом:



В свою очередь, программно-логическая архитектура подсистемы экстренной связи выглядит так:



Информационные потоки в рамках рассматриваемой подсистемы следующие:

- 1) из ТЭС в центральную систему – геопозиционная, видео- и аудиоинформация от звонящего;
- 2) из центральной системы в ТЭС – аудиоинформация от диспетчера.

Взаимодействие подсистемы со смежными системами ИТС осуществляется через интеграционную подсистему АСУДД.

4.4.1.7. Другие подсистемы АСУДД

В составе АСУДД могут быть и иные подсистемы, которые встречаются довольно редко. В этом разделе они будут кратко перечислены с указанием их предназначения.

1. *Автоматизированная система управления приоритетом общественного транспорта.* Эта подсистема позволяет изменить фазы светофорных объектов таким образом, чтобы предоставить возможность приоритетного проезда для подвижных единиц наземного городского пассажирского транспорта (НГПТ). Обычно подсистема используется в режиме взаимодействия с подсистемой организации дорожного движения и внешними по отношению к АСУДД

системами организации движения НГПТ – планирования маршрутной сети и маршрутов, графика исполненного движения, бортовых систем НГПТ и др.

2. *Автоматизированная система управления допуском на автомагистрали.* Довольно редкая система, которая иногда используется в местах сопряжения улично-дорожных сетей населённых пунктов с крупными автомагистралями. В качестве периферийного оборудования используются как средства косвенного управления, так и устройства, непосредственно физически блокирующие доступ на автомобильные дороги транспортных средств. Подсистема предназначена для дозированного выпуска транспортных средств на автомобильные магистрали при управлении трафиком.
3. *Информационные сервисы для пользователей автомобильных дорог.* Для водителей, пассажиров общественного транспорта и пешеходов в составе АСУДД могут предоставляться информационные сервисы в виде мобильных приложений, чат-ботов или разделов на сайте оператора АСУДД, где могут быть как инструменты планирования перемещений, так и различного рода оперативная информация о том, что происходит на дорогах населённых пунктов или автомагистралях.

В случае необходимости использования какой-либо из этих систем в своём проекте вы можете написать запрос на адрес электронной почты roman.dushkin@gmail.com для получения дополнительной информации.

4.4.2. Система видеонаблюдения и видеоаналитики

Система видеонаблюдения и видеоаналитики (СВНВА) предназначена для визуального теленаблюдения, детектирования и фиксирования в автоматическом или автоматизированном режиме различных инцидентов, происходящих на автомобильных дорогах, искусственных сооружениях и объектах придорожной инфраструктуры.

В состав СВНВА традиционно входят следующие подсистемы:

- 1) интеграционная подсистема (ядро СВНВА);
- 2) подсистема видеонаблюдения;

- 3) подсистема видеоаналитики;
- 4) подсистема управления видеоархивом.

Имеет смысл рассмотреть все эти подсистемы более подробно.

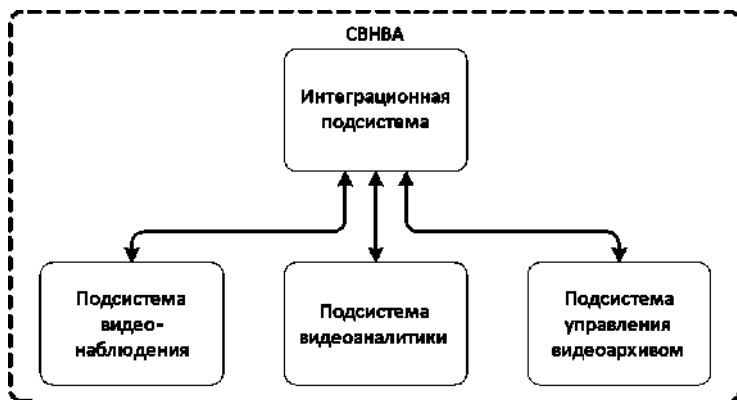
4.4.2.1. Интеграционная подсистема СВНВА

Как и в случае АСУДД, интеграционная подсистема СВНВА – это центральная подсистема, в которую стекаются информационные потоки и управленческие воздействия как из всех остальных подсистем СВНВА, так и из смежных и внешних систем. Интеграционная подсистема диспетчеризует такие потоки и перенаправляет их в адресные подсистемы и системы.

Функции интеграционной подсистемы СВНВА:

- 1) управление остальными подсистемами;
- 2) диспетчеризация интеграционных потоков и маршрутизация информационных сообщений;
- 3) управление правами доступа.

Общая схема интеграции в рамках СВНВА представлена на диаграмме:



Теперь рассмотрим остальные подсистемы СВНВА.

4.4.2.2. Подсистема видеонаблюдения

Подсистема видеонаблюдения предназначена для автоматизированного контроля состояния автомобильной дороги, искусственных сооружений и объектов придорожной инфраструктуры.

Подсистема видеонаблюдения выполняет следующие функции:

- 1) приём, декодирование, обработку, видеозапись видеоинформации, поступающей от периферийного оборудования подсистемы – стационарных и поворотных видеокамер;
- 2) визуализацию видеоинформации;
- 3) управление поворотными видеокамерами с удалённых рабочих мест:
 - управление в пределах паспортных параметров каждого входящего в подсистему видеонаблюдения управляемого устройства;
 - ручное управление поворотным столом и трансфокатором;
 - переход по пресетам поворотной видеокамеры;
 - создание собственных туров – маршрутов перехода по пресетам;
 - управление системой очистки стекла кожуха видеокамеры;
 - доступ в инженерное меню видеокамеры с возможностью изменения параметров её настройки;
 - управление тревожными контактами периферийного оборудования;
 - поддержку средствами телеметрии протоколов управления всех входящих в подсистему видеонаблюдения управляемых устройств.

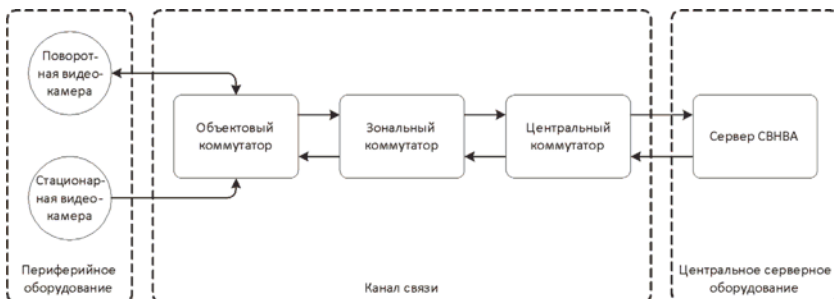
В следующей таблице приведены сведения обо всех видах обеспечения, которые требуется описывать при проектировании подсистемы видеонаблюдения СВНВА.

Вид обеспечения	Подсистема видеонаблюдения
Аппаратно-техническое	Стационарные видеокамеры, поворотные видеокамеры, объектовые узлы связи, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в Центре управления (может быть совмещено с другими подсистемами), АРМ операторов подсистемы
Программное	Драйверы для работы с видеокамерами обоих типов, программное обеспечение для обработки видеопотоков, адаптер в ядро СВНВА
Информационное	Видеопотоки, передаваемые из видеокамер обоих типов, а также информация об их работоспособности
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание видеокамер обоих типов (может совмещать функции обслуживания других подсистем СВНВА и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на автомобильных дорогах); персонал, осуществляющий видеонаблюдение

Вид обеспечения	Подсистема видеонаблюдения
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	Методология использования автоматизированного видеонаблюдения для поддержки принятия решений при управлении дорожным движением и эксплуатации автомобильных дорог
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по ремонту и эксплуатационная документация на периферийное оборудование подсистемы; должностные инструкции и регламенты по использованию подсистемы видеонаблюдения для поддержки принятия решений при управлении дорожным движением и эксплуатации автомобильных дорог
Правовое	Стандарты и правила размещения видеокамер обоих типов на улично-дорожной сети и автомобильных дорогах
Юридическое	–
Лингвистическое	Протоколы передачи видеопотоков из видеокамер обоих типов

С точки зрения интеграции подсистема видеонаблюдения связывается с интеграционной подсистемой СВНВА, осуществляя через неё межсистемное взаимодействие с любыми внешними по отношению к СВНВА системами и с другими подсистемами СВНВА. Информационные потоки должны быть определены на этапе проектирования конкретной ИТС с учётом всего комплекса средств автоматизации в ней.

Аппаратно-логическая архитектура подсистемы видеонаблюдения выглядит следующим образом:



В свою очередь, программно-логическая архитектура подсистемы видеонаблюдения выглядит так:



Информационные потоки в рамках рассматриваемой подсистемы следующие:

- 1) из видеокамер в центральное оборудование СВНВА – видеопотоки и данные о собственной работоспособности;
- 2) из центрального оборудования СВНВА в поворотные видеокамеры – управляющие сигналы оператора или автоматическое исполнение программы переходов по пресетам;
- 3) из центрального оборудования СВНВА в видеокамеры всех типов – управляющие сигналы для омывателя.

Взаимодействие подсистемы со смежными системами ИТС осуществляется через интеграционную подсистему СВНВА. Обычно подсистема видеонаблюдения транслирует видеопоток с видеокамер, который можно использовать для целей организации дорожного движения и обеспечения транспортной безопасности.

4.4.2.3. Подсистема видеоаналитики

Подсистема видеоаналитики предназначена для автоматического детектирования инцидентов и чрезвычайных ситуаций на улично-дорожной сети, автомобильной дороге, искусственных сооружениях и объектах придорожной инфраструктуры.

Подсистема видеоаналитики выполняет следующие функции:

- 1) автоматическое обнаружение инцидентов при анализе видеоизображений от видеокамер подсистемы видеонаблюдения, системы фотовидеофиксации нарушений ПДД и данных из подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков АСУДД, получаемых в режиме реального времени;
- 2) подключение ближайшей поворотной видеокамеры с установлением наклона и поворота, а также акустическое предупреждение оператора;
- 3) проведение анализа видеоизображений на предмет:
 - выявления транспортных средств, движущихся в запрещённом направлении;
 - выявления остановившихся транспортных средств;

- остановки транспортных средств в запрещённом месте (при превышении заданного времени);
- нахождения пешеходов в зоне контроля;
- занятости зон контроля, заданных пользователем;
- фиксации скопления транспортных средств;
- других типов инцидентов, определяемых требованиями конкретной ИТС.

Нижеследующая таблица структурирует информацию обо всех видах обеспечения, которые обычно описываются при проектировании подсистемы видеоаналитики СВНВА.

Вид обеспечения	Подсистема видеоаналитики
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование в центре управления, АРМ операторов подсистемы
Программное	Набор программных средств для осуществления анализа видеопотоков на предмет наличия в них инцидентов установленного типа
Информационное	Входящие для анализа видеопотоки, а также исходящие результаты анализа этих видеопотоков на предмет наличия в них инцидентов установленного типа
Организационное	Персонал, осуществляющий наблюдение и диспетчеризацию тревожных сигналов о появлении инцидентов
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы детектирования инцидентов в видеопотоках
Методологическое	Методология использования автоматического детектирования инцидентов для обеспечения транспортной безопасности при управлении дорожным движением и эксплуатации автомобильных дорог
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по использованию подсистемы видеоаналитики для обеспечения транспортной безопасности при управлении дорожным движением и эксплуатации автомобильных дорог
Правовое	Нормативно-правовое обеспечение работы подсистемы видеоаналитики и её использования для обеспечения транспортной безопасности
Юридическое	Описание обязанностей и ответственности персонала подсистемы видеоаналитики при выполнении функций по обеспечению транспортной безопасности
Лингвистическое	Протоколы приёма видеопотока и передачи информации о проявлении детектируемых инцидентов

Интеграция подсистемы видеоаналитики осуществляется при помощи интеграционной подсистемы СВНВА, которая производит межсистемное взаимодействие с любыми внешними по отношению к СВНВА системами и с другими подсистемами СВНВА. Информационные потоки должны быть определены на этапе проектирования конкретной ИТС с учётом всего комплекса средств автоматизации в ней.

4.4.2.4. Подсистема управления видеоархивом

Подсистема управления видеоархивом предназначена для хранения видеоархива на глубину, достаточную для осуществления разбора спорных ситуаций, связанных с нарушениями ПДД и ДТП на автомобильной дороге или улично-дорожной сети, а также со спорными ситуациями на прилегающих территориях.

Подсистема управления видеоархивом выполняет следующие функции:

- 1) приём, декодирование, обработка и хранение видеоинформации, поступающей от подсистемы видеонаблюдения и подсистемы видеоаналитики;
- 2) ведение оперативного видеоархива, хранящего записи, созданные в течение заданного количества времени, и выполняющего следующие функции:
 - запись видео от подключённых к СВНВА видеокамер в режимах постоянной записи, по расписанию или событию;
 - запись видео в оригинальном профиле трансляции (максимальное качество) или в индивидуально настроенном профиле для каждой видеокамеры;
 - автоматическая очистка видеоархива от записей по достижении одного из следующих критериев: достижение предела заполнения хранилища, достижение предельного срока хранения;
 - отображение записей в режимах: просмотра, паузы, обратного просмотра, кадрового просмотра, с возможностью переключения между следующим/предыдущим видеофайлом, контроля скорости воспроизведения видео;
 - поиск записей по месту хранения, дате, времени, номеру камеры, по виду события (тип инцидента, тип препятствия для видеофиксации);

- выгрузка и копирование фрагментов записей;
- экспорт фрагментов записей в общепринятых форматах;
- выгрузка стоп-кадров в общепринятых форматах;
- печать стоп-кадра на принтере.

Таблица ниже обобщает данные обо всех видах обеспечения, которые обычно описываются при проектировании подсистемы управления видеоархивом СВНВА.

Вид обеспечения	Подсистема управления видеоархивом
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование в центре управления, АРМ операторов подсистемы
Программное	Набор программных средств для хранения видеоинформации
Информационное	Видеоархив сам по себе
Организационное	Персонал, осуществляющий управление видеоархивом
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы хранения и осуществления поиска информации в видеоархиве
Методологическое	Методология использования видеоданных для оперативно-розыскных мероприятий и разрешения конфликтных ситуаций на автомобильных дорогах, улично-дорожной сети и объектах придорожной инфраструктуры
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по использованию подсистемы управления видеоархивом для оперативно-розыскных мероприятий и разрешения конфликтных ситуаций на автомобильных дорогах, улично-дорожной сети и объектах придорожной инфраструктуры
Правовое	Нормы времени для определения глубины хранения видеоинформации различных типов
Юридическое	–
Лингвистическое	Язык запросов к видеоархиву

Как обычно, интеграция подсистемы управления видеоархивом производится при помощи интеграционной подсистемы СВНВА, которая осуществляет межсистемное взаимодействие с любыми внешними по отношению к СВНВА системами и с другими подсистемами СВНВА. Информационные потоки должны быть определены на этапе проектирования конкретной ИТС с учётом всего комплекса средств автоматизации в ней.

4.4.3. Система фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения

Система предназначена для контроля нарушений участниками дорожного движения правил дорожного движения, а также для интеграции с исполнительными органами власти, отвечающими за обеспечение безопасности дорожного движения в том регионе, в котором строится ИТС и, соответственно, система фотовидеофиксации нарушений.

Система позволяет реализовывать следующие функции:

- 1) получение, хранение, обработку данных от периферийных устройств ФВФ, установленных на автомобильных дорогах и улично-дорожной сети (в том числе текстовых, фото- и видеоданных, данные о состоянии, работоспособности оборудования, сформированный административный материал);
- 2) передачу данных от периферийного оборудования ФВФ, установленного на автомобильных дорогах и улично-дорожной сети, в исполнительные органы власти, отвечающие за обеспечение безопасности дорожного движения;
- 3) настройку параметров соединения и согласованного взаимодействия для загрузки и хранения данных от периферийного оборудования ФВФ;
- 4) хранение в течение сроков, определяемых действующим законодательством, и извлечение видеоданных, входящих в состав доказательных материалов по нарушениям правил дорожного движения;
- 5) обработку данных, обеспечивающих подготовку в автоматизированном режиме постановлений об административном правонарушении;
- 6) формирование статистической отчётности, в том числе:
 - по данным, принятым от периферийных средств ФВФ;
 - отчётность по эксплуатационным характеристикам периферийного оборудования;

- 7) просмотр видеоизображений с видеокамер для контроля состояния автомобильных дорог и улично-дорожной сети в режиме реального времени;
- 8) печать в автоматизированном режиме постановлений о нарушении правил дорожного движения.

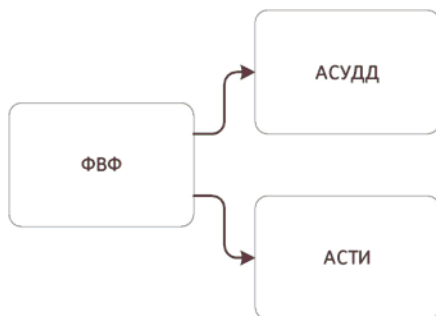
Следующая таблица перечисляет виды обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании системы фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения.

Вид обеспечения	Система фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения
Аппаратно-техническое	Комплексы фотовидеофиксации, объектовые узлы связи, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в центре управления, АРМ операторов системы
Программное	Драйверы ко всем компонентам комплексов фотовидеофиксации, набор программных средств для осуществления анализа видеопотоков и распознавания на них нарушений
Информационное	Входящие для анализа видеопотоки, а также исходящие результаты анализа этих видеопотоков в виде сигналов о нарушении участниками правил дорожного движения
Организационное	Персонал, осуществляющий проверку и подтверждение фактов нарушения правил дорожного движения, а также разбор спорных ситуаций
Метрологическое	Средства измерения, используемые в составе комплексов фотовидеофиксации
Математическое	Алгоритмы распознавания нарушений в видеопотоках
Методологическое	Методология использования автоматической фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения для обеспечения безопасности дорожного движения
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по использованию системы фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения для обеспечения безопасности дорожного движения
Правовое	Нормативно-правовое обеспечение работы системы фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения и её использования для обеспечения безопасности дорожного движения
Юридическое	Описание обязанностей и ответственности персонала системы фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения при выполнении функций по обеспечению безопасности дорожного движения
Лингвистическое	Протоколы приёма видеопотока и передачи информации о проявлении распознаваемых и фиксируемых нарушений

Интеграция системы фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения в состав ИТС осуществляется со всеми системами, куда требуется передача транспортной информации как об отдельных транспортных средствах, проезжающих рубеж фотовидеофиксации, так и об усреднённых характеристиках транспортных потоков. Обычно эта информация распространяется по ИТС через автоматизированную систему транспортной информации, а в рамках блока «Организация и управление дорожным движением» информационные потоки идут напрямую в АСУДД. Итого:

- автоматизированная система управления дорожным движением;
- автоматизированная система транспортной информации.

Диаграмма интеграции для перечисленных систем выглядит следующим образом:



Интерес представляет состав комплекса фотовидеофиксации, который является главным периферийным оборудованием этой системы. В состав такого комплекса обычно входят следующие элементы:

- измерительный элемент, который может быть основан на различной технологии – используются примерно такие же технологии, что и для детектирования транспортных средств в подсистеме мониторинга параметров транспортных потоков АСУДД. В определённых случаях одновременно могут применяться несколько технологий детектирования;
- осветительный элемент, который предназначен для подсветки в тёмное время суток или для считывания загрязнённых номерных знаков;

- контроллер для первичной обработки изображений или видеопотока для детектирования нарушений;
- средство коммуникации для осуществления физической интеграции комплекса по имеющимся каналам связи с центром управления;
- всё дополнительное оборудование, осуществляющее обеспечивающие функции, в том числе климатическое и охранное оборудование для шкафа управления и связи.

Также комплексы фотовидеофиксации бывают:

- *стационарными* – устанавливаются на элементы придорожной инфраструктуры, подключаются к сети электроснабжения и сети связи и функционируют длительное время;
- *мобильными* – устанавливаются на базе автомобиля или непосредственно в виде переносного устройства, могут подключаться как к имеющимся сетям электроснабжения и связи, так и быть полностью автономными. Функционируют на выделенной локации столько, сколько требуется оператору для решения поставленной задачи по контролю дорожного движения и обеспечения его безопасности.

Наконец, необходимо отметить, что для исполнения законодательства в части обеспечения единства измерений каждый комплекс фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения должен быть сертифицирован как средство измерения, а также проходить периодическую метрологическую поверку.

4.4.4. Система весогабаритного контроля

Система весогабаритного контроля (СВГК) предназначена для предупреждения нарушений правил перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов с целью минимизации ущерба автомобильной дороге и элементам придорожной инфраструктуры.

В состав СВГК традиционно входят следующие подсистемы:

- 1) интеграционная подсистема (ядро СВГК);
- 2) подсистема выдачи разрешений;
- 3) подсистема взвешивания;
- 4) подсистема информирования;
- 5) подсистема контроля.

Имеет смысл рассмотреть все эти подсистемы более подробно.

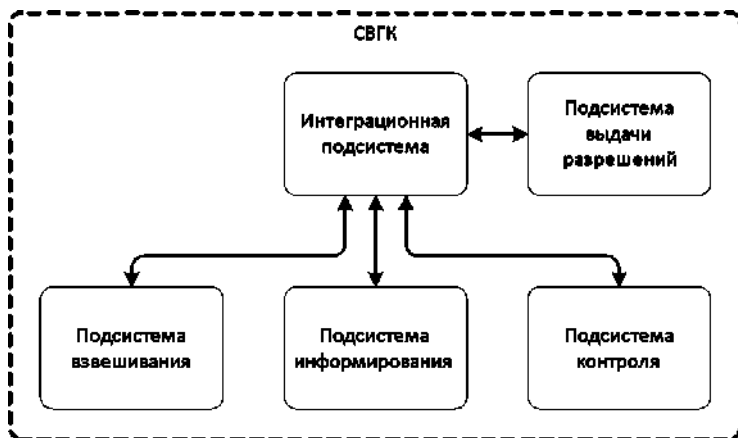
4.4.4.1. Интеграционная подсистема СВГК

Как и в случае таких систем, как АСУДД и СВНВА, интеграционная подсистема СВГК – это центральная подсистема, в которую стекаются информационные потоки и управленческие воздействия как из всех остальных подсистем СВГК, так и из смежных и внешних систем. Интеграционная подсистема диспетчеризует такие потоки и перенаправляет их в адресные подсистемы и системы.

Функции интеграционной подсистемы СВГК:

- 1) управление остальными подсистемами;
- 2) диспетчеризация интеграционных потоков и маршрутизация информационных сообщений;
- 3) управление правами доступа.

Общая схема интеграции в рамках СВГК представлена на диаграмме:



Теперь рассмотрим остальные подсистемы СВГК.

4.4.4.2. Подсистема выдачи разрешений

Подсистема выдачи разрешений предназначена для оформления разрешения на провоз по определённому маршруту тяжеловесного и (или) крупногабаритного груза по автомобильным дорогам общего пользования. Эта подсистема выполняет монетизируемую функцию в рамках СВГК, так как за оформление разрешения взимается плата определённого размера. Выданные

разрешения хранятся в СВГК для контроля проезда автомобилей по заданному маршруту.

Фактически разрешение на проезд представляет собой обоснование для взимания платы за проезд тяжеловесного и крупногабаритного грузового транспорта в пользу дорожного фонда для возмещения порчи дорожного полотна автомобильных дорог общего пользования и риска порчи искусственных сооружений при ДТП.

Подсистема выдачи разрешения выполняет следующие функции:

- 1) оформление заявления на выдачу разрешения на проезд тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства;
- 2) построение и согласование маршрута движения тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства по автомобильным дорогам общего пользования;
- 3) расчёт размера платы в счёт компенсации вреда, наносимого автомобильным дорогам по маршруту следования тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства;
- 4) формирование счёта и взимание платы с собственника тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства;
- 5) формирование и предоставление аналитики и отчётности по выданным разрешениям на движение тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства по автомобильным дорогам общего пользования;
- 6) интеграция (через интеграционную подсистему) с государственными (региональными) смежными системами, используемыми для контроля проезда тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств.

Далее в нижеследующей таблице перечислены те виды обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании подсистемы выдачи разрешений в составе СВГК.

Вид обеспечения	Подсистема взвешивания
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование и АРМ конечного пользователя
Программное	Прикладное программное обеспечение на АРМ пользователя
Информационное	Все входные и выходные наборы информации для оформления разрешений

Вид обеспечения	Подсистема взвешивания
Организационное	Персонал, осуществляющий реализацию функций по выдаче разрешений на проезд тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы формирования отчётности
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	Права, обязанности и ответственность оператора СВГК, занимающегося оформлением разрешений на проезд тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования
Юридическое	Нормативные правила оформления разрешений на проезд тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования
Лингвистическое	–

Как указано выше, эта подсистема СВГК через интеграционную подсистему связывается как со всеми другими подсистемами СВГК, так и с внешними информационными и автоматизированными системами, как входящими в состав ИТС, так и вне её.

4.4.4.3. Подсистема взвешивания

Подсистема взвешивания предназначена для предварительного и точного взвешивания и обмера транспортных средств для выявления потенциальных нарушителей. Взвешивание может быть:

- 1) динамическим (предварительным), точность которого ниже;
- 2) стационарным, точность которого выше.

Подсистема взвешивания реализует следующие функции:

- 1) мониторинг транспортных средств без изменения их скорости движения;
- 2) автоматическое взвешивание, измерение габаритов и классификация транспортного средства по результатам проезда через рубеж контроля;
- 3) измерение скорости транспортных средств;
- 4) проверка соответствия весогабаритных параметров транспортных средств установленным законодательством параметрам и нормам;

- 5) проверка наличия разрешения на движение по определённым маршрутам;
- 6) отслеживание маршрутов транспортных средств, у которых были обнаружены нарушения норм по весу и (или) габаритам;
- 7) передача в автоматическом режиме информации о выявленных превышениях допустимых параметров транспортных средств в другие подсистемы и внешние системы;
- 8) формирование пакета документов об административном правонарушении в отношении лиц, нарушивших правила перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов.

Интерес представляют технологии, при помощи которых определяется вес автомобилей в движении. На сегодняшний день широко используются следующие варианты (хотя в устаревших, унаследованных системах могут использоваться и иные):

- *пьезоэлектрическая* – встраиваемый в дорожное полотно датчик при наезде на него транспортного средства индуцирует электрический заряд, параметры которого зависят от давления на датчик, то есть в конечном итоге от нагрузки на ось транспортного средства. При помощи вычислений с достаточной точностью можно определить такую нагрузку и, как следствие, общий вес транспортного средства. Сам по себе датчик является достаточно дорогим устройством, поэтому его использование целесообразно в течение продолжительного времени. Точность взвешивания в движении – до 10 %;
- *тензометрическая* – эта технология подразумевает использование тензометрических датчиков, которые преобразуют механическую деформацию в электрическое сопротивление (тензорезисторные элементы). Опять же, измерение переменного сопротивления позволяет косвенно получить значения весовых характеристик наезжаемого на встроенный в дорожное полотно датчик транспортного средства;
- *оптоволоконная* – новая технология для взвешивания, которая основана на измерении некоторых показателей преломления света в оптоволоконном волноводе, которые изменяются при наезде на такой волновод транспортного средства, и изменения эти зависят от веса. Технология очень проста со стороны датчика, но довольно сложна со стороны измерительного прибора.

Как обычно, в следующей таблице перечислены все виды обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании подсистемы взвешивания в составе СВГК.

Вид обеспечения	Подсистема взвешивания
Аппаратно-техническое	Комплексы динамического и стационарного весогабаритного контроля, объектовые узлы связи, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в Центре управления, АРМ операторов системы
Программное	Драйверы ко всем компонентам комплексов весогабаритного контроля, набор программных средств для осуществления анализа поступающей с датчиков телематической информации и распознавания в результатах анализа нарушений
Информационное	Входящие для анализа потоки телематической информации, а также исходящие результаты анализа этих потоков данных в виде сигналов о нарушении участниками правил перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов
Организационное	Персонал, осуществляющий проверку и подтверждение фактов нарушения правил перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов, а также разбор спорных ситуаций
Метрологическое	Средства измерения, используемые в составе комплексов весогабаритного контроля обоих типов
Математическое	Алгоритмы распознавания нарушений в потоках телематической информации
Методологическое	Методология использования автоматической фиксации нарушений правил перевозки тяжеловесных и крупногабаритных грузов для обеспечения безопасности дорожного движения
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по использованию системы весогабаритного контроля для обеспечения безопасности дорожного движения
Правовое	Нормативно-правовое обеспечение работы системы весогабаритного контроля и её использования для обеспечения безопасности дорожного движения
Юридическое	Описание обязанностей и ответственности персонала системы весогабаритного контроля при выполнении функций по обеспечению безопасности дорожного движения
Лингвистическое	Протоколы приёма потока телематических данных и передачи информации о проявлении распознаваемых и фиксируемых нарушений

Интеграция подсистемы взвешивания осуществляется при помощи интеграционной подсистемы СВГК, которая производит межсистемное взаимодействие с любыми внешними по отношению к СВГК системами и с другими подсистемами СВГК. Информационные потоки должны быть определены на этапе проектирования конкретной ИТС с учётом всего комплекса средств автоматизации в ней.

4.4.4.4. Подсистема информирования

Как и в случае АСУДД, в составе СВГК может присутствовать подсистема информирования водителей транспортных средств о нарушении параметров перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов по автомобильным дорогам общего пользования. Такая подсистема информирования основана на базе табло отображения информации, которое располагается через определённое расстояние от рубежа динамического контроля и на котором выводится информация для водителей, едущих с нарушением.

Табло отображения информации располагается по ходу движения транспортных средств на расстоянии, достаточном для реагирования, от съезда на стационарный пункт взвешивания, на котором осуществляется контрольное взвешивание стационарными автомобильными весами, имеющими несравненно большую точность. На таком табло выводится информация, которая позволяет водителю транспортного средства с нарушением понять, что информация относится к нему. Чаще всего выводится государственный регистрационный знак транспортного средства, тип нарушения («перевес» или «негабарит») и изображение предписывающего дорожного знака, требующего повернуть на пункт стационарного контроля.

В качестве видов обеспечения для этой подсистемы необходимо приводить те же самые, что и для подсистемы информирования водителей в составе АСУДД (см. раздел 4.4.1.4).

4.4.4.5. Подсистема контроля

Наконец, подсистема контроля в составе СВГК предназначена для контроля выполнения водителями предписаний, выведенных на

табло отображения информации подсистемы информирования водителей. Эта подсистема чаще всего представляет собой комплекс фотовидеофиксации проезда транспортного средства по определённом участку автомобильной дороги, причём здесь нет необходимости фиксировать скорость проезда, так как сам факт проезда свидетельствует о нарушении предписания.

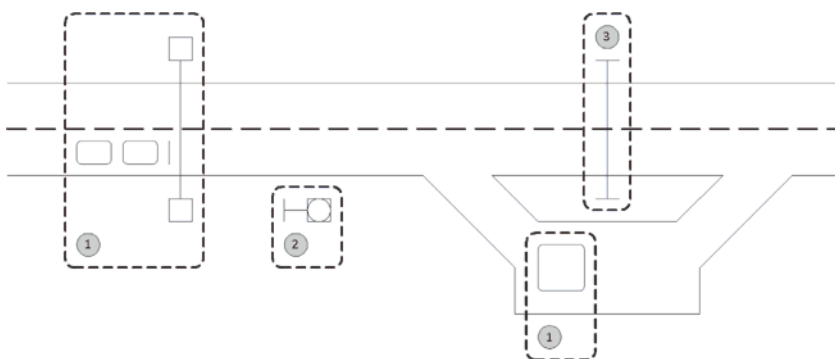
Комплекс фотовидеофиксации проезда транспортного средства стоит на основном ходе автомобильной дороги после поворота на пункт стационарного взвешивания и до выезда с этого пункта. Таким образом, если водитель, получивший предписание проследовать на пункт стационарного взвешивания, не выполнил это предписание, он проезжает по основному ходу дороги, что и фиксирует комплекс фотовидеофиксации проезда. Этого достаточно, чтобы признать водителя нарушившим ПДД в части следования предписаниям дорожных знаков.

Само собой разумеется, что эта подсистема должна получать информацию из подсистемы взвешивания с рубежа динамического контроля веса автомобилей, откуда поступают государственные регистрационные знаки транспортных, следующих с нарушением режима перевозки тяжеловесных или крупногабаритных грузов. И в подсистеме формируется информация о том, кто из водителей не выполнил предписание проследовать на пункт стационарного взвешивания. Далее эта информация передаётся в органы исполнительной власти, имеющие полномочия по взиманию штрафов.

В качестве видов обеспечения для этой подсистемы необходимо приводить те же самые, что и для системы фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения (см. раздел 4.4.3).

4.4.4.6. Общая структура размещения периферийного оборудования СВГК

Исходя из описанных выше подсистем СВГК, складывается определённая структура размещения периферийного оборудования на автомобильной дороге. На следующем рисунке показана структурная схема полного размещения периферийного оборудования в условиях, когда все подсистемы реализуются в конкретной имплементации системы.



На представленной схеме числами обозначены:

- 1 – подсистема взвешивания;
- 2 – подсистема информирования;
- 3 – подсистема контроля.

Само собой разумеется, что в каждом конкретном случае реализации СВГК в расчёт принимаются различные факторы и требования заказчика, поэтому состав подсистем может меняться. Обязательными подсистемами, по сути, являются только подсистема взвешивания в части динамического рубежа контроля и подсистема выдачи разрешений. Остальные подсистемы являются опциональными.

4.4.5. Автоматизированная система управления наземным городским пассажирским транспортом

Система предназначена для сбора и хранения информации о маршрутах и их исполнении, эффективного управления и контроля работы наземного пассажирского общественного транспорта в населённом пункте или регионе, где строится ИТС. В первую очередь такой АСУ НГПТ осуществляется учёт и мониторинг исполнения муниципальными и (или) коммерческими перевозчиками условий заключённых договоров на исполнение транспортной работы (перевозку пассажиров и багажа).

Кроме того, для пассажиров АСУ НГПТ предоставляет повышение качества перевозок – повышение степени регулярности движения и доступности подвижных единиц НГПТ за счёт исключения умышленного неисполнения рейсов перевозчиками, а также

информирование пассажиров о маршрутах, графиках движения и времени прибытия подвижных единиц как к остановке ожидания, так и к остановке назначения.

Наконец, в части транспортной безопасности и обеспечения безопасности дорожного движения АСУ НГПТ обеспечивает повышение безопасности пассажирских перевозок при помощи контроля соблюдения режима труда и отдыха водителей и оперативности реагирования на случаи незаконного вмешательства в работу транспорта.

АСУ НГПТ применяется для управления наземным пассажирским транспортом, который использует для перемещения автомобильные дороги, но иногда под её управление отдаётся и пассажирский транспорт иных модальностей. В частности, АСУ НГПТ может управлять следующими типами пассажирского транспорта, используемого в населённых пунктах:

- 1) такси, в том числе и маршрутные;
- 2) автобусы и троллейбусы;
- 3) трамваи;
- 4) «лёгкое» метро;
- 5) речное такси;
- 6) фуникулёры и канатные дороги;
- 7) вертолётный транспорт.

В состав АСУ НГПТ обычно входят следующие подсистемы:

- 1) интеграционная подсистема АСУ НГПТ;
- 2) подсистема планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения;
- 3) подсистема диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ;
- 4) подсистема контроля состояния подвижных единиц НГПТ;
- 5) подсистема коммерческого учёта предоставленных услуг;
- 6) подсистема информирования пассажиров НГПТ;
- 7) подсистема обеспечения безопасности в подвижных единицах НГПТ.

Также в состав АСУ НГПТ могут входить и другие подсистемы, требуемые в конкретных условиях. Далее перечисленные подсистемы будут рассмотрены более подробно.

4.4.5.1. Интеграционная подсистема АСУ НГПТ

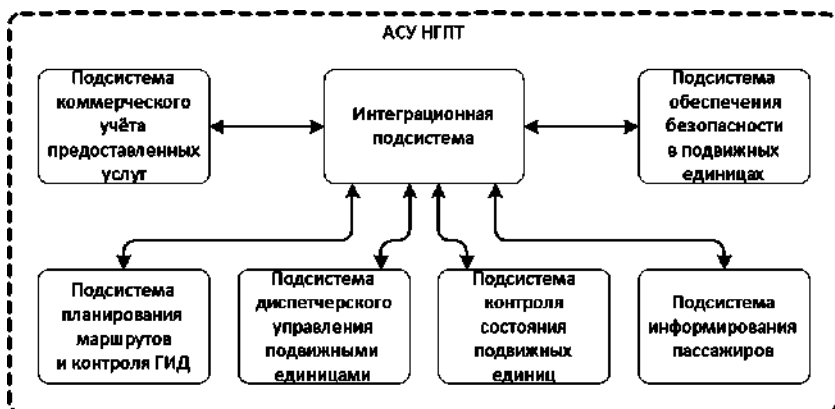
В составе АСУ НГПТ также центральную роль выполняет интеграционная подсистема, которую можно назвать «ядром» АСУ НГПТ.

Фактически это центральная подсистема, в которую стекаются информационные потоки и управленческие воздействия как из всех остальных подсистем АСУ НГПТ, так и из смежных и внешних систем. Интеграционная подсистема диспетчеризует такие потоки, перенаправляет их в адресные подсистемы и системы, а также исполняет сценарии управления.

Функции интеграционной подсистемы АСУ НГПТ:

- 1) управление остальными подсистемами;
- 2) диспетчеризация интеграционных потоков и маршрутизация информационных сообщений;
- 3) управление правами доступа;
- 4) выполнение сценариев управления;
- 5) мониторинг состояния исполняемого сценария;
- 6) управление базой сценариев.

Общая схема интеграции в рамках СВГК представлена на диаграмме:



Теперь рассмотрим остальные подсистемы АСУ НГПТ.

4.4.5.2. Подсистема планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения

Подсистема планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения предназначена для разработки оптимальных маршрутов и планов движения по ним подвижных единиц НГПТ с учётом транспортной потребности и матрицы корреспонденции с выявленными пассажиропотоками между точками притяжения,

а также контроля движения подвижных единиц НППТ по установленным маршрутам и контроля качества предоставляемой транспортной услуги.

Маршрут НППТ – путь следования подвижной единицы НППТ, учитывающий направление её движения относительно географических ориентиров или координат, с указанием начальной, конечной и промежуточных точек в случае их наличия.

График исполненного движения НППТ (ГИД) – основной инструмент диспетчерского контроля и управления движением подвижных единиц НППТ, который представляет собой диаграмму «Маршрут – время», на которой отмечаются нитки движения отдельных подвижных единиц НППТ по их маршрутам, а также указывается разнообразная дополнительная информация, используемая для принятия решений при управлении движением.

Функциями подсистемы планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения являются:

- 1) ведение (создание, редактирование, отправление в архив) маршрутов движения подвижных единиц НППТ, в том числе управление остановочными пунктами на ГИС;
- 2) ведение всего набора подвижных единиц НППТ, назначение им маршрутов и контроль их состояния;
- 3) разработка графиков движения подвижных единиц на их маршрутах, а также отрисовка и контроль графиков исполненного движения;
- 4) контроль и учёт процессов взимания платы коммерческими перевозчиками с пассажиров НППТ;
- 5) подготовка сводной отчётности об исполненной транспортной работе перевозчиками в различных аспектах и разрезах.

В представленной далее таблице перечислены те виды обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании подсистемы планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения АСУ НППТ.

Вид обеспечения	Подсистема планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование и АРМ конечного пользователя
Программное	Программные модули подсистемы как на стороне серверного оборудования, так и на стороне АРМ пользователей, а также шлюз для общения с интеграционной платформой

Вид обеспечения	Подсистема планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения
Информационное	Информация, курсируемая между подсистемой и бортовым оборудованием подвижных единиц, а также между подсистемой и смежными системами ИТС и внешними по отношению к ней системами. Кроме того, вся информация о маршрутах и для построения графиков исполненного движения
Организационное	Диспетчеры НГПТ
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы и методы построения маршрутов и графиков исполненного движения
Методологическое	Методы расчёта маршрутов и графиков исполненного движения
Методическое	Учебные материалы для диспетчеров НГПТ
Правовое	Правила использования подвижных единиц НГПТ в условиях использования АСУ НГПТ
Юридическое	Вопросы ответственности перевозчика при некачественном исполнении транспортной работы
Лингвистическое	Языки графического интерфейса пользователя на АРМ

Как указано выше, эта подсистема АСУ НГПТ через интеграционную подсистему связывается как со всеми другими подсистемами АСУ НГПТ, так и с внешними информационными и автоматизированными системами, как входящими в состав ИТС, так и вне её. Подсистема может передавать в АСУДД информацию о маршрутах подвижных единиц НГПТ, их движении по маршруту, а также запрашивать изменение фаз регулирования светофорных объектов по маршруту движения для управления приоритетом НГПТ в целях повышения эффективности перевозки пассажиров (тем самым достигается ровное движение подвижных единиц по маршрутам, особенно в условиях наличия транспортных заторов на улично-дорожной сети).

4.4.5.3. Подсистема диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ

Второй важной подсистемой АСУ НГПТ является подсистема диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ, которая предназначена для централизованного управления подвижными единицами, осуществляемого из одного центра в целях выпол-

нения разработанного ранее плана движения и его оперативной корректировки в соответствии с возникающими отклонениями и колебанием потребности в перевозках.

Функции подсистемы диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ следующие:

- 1) ведение путевых листов для водителей подвижных единиц НГПТ;
- 2) ведение журнала происшествий, в том числе составление рапортов и оперативных сводок по произошедшим авариям и происшествиям, произошедшим в течение смены;
- 3) контроль выхода подвижных единиц НГПТ на маршруты и их возвращения;
- 4) осуществление оперативного целеполагания, планирования и анализа произведённой транспортной работы в различных разрезах для подготовки сводной отчётности для руководства;
- 5) оперативное регулирование хода выполнения транспортной работы всеми подвижными единицами НГПТ, находящимися на своих маршрутах.

Как обычно, далее показана таблица, в которой перечислены те виды обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании подсистемы диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ.

Вид обеспечения	Подсистема диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование и АРМ конечного пользователя
Программное	Программные модули подсистемы как на стороне серверного оборудования, так и на стороне АРМ пользователей, а также шлюз для общения с интеграционной платформой
Информационное	Информация, курсируемая между подсистемой и бортовым оборудованием подвижных единиц, а также между подсистемой и смежными системами ИТС и внешними по отношению к ней системами
Организационное	Диспетчеры НГПТ
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы и методы, обеспечивающие выполнение функций подсистемы
Методологическое	Методы оперативного регулирования хода выполнения транспортной работы

Вид обеспечения	Подсистема диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ
Методическое	Учебные материалы для диспетчеров НГПТ
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Языки графического интерфейса пользователя на АРМ

Эта подсистема АСУ НГПТ через интеграционную подсистему связывается как со всеми другими подсистемами АСУ НГПТ, так и с внешними информационными и автоматизированными системами, как входящими в состав ИТС, так и вне её.

4.4.5.4. Подсистема контроля состояния подвижных единиц НГПТ

Подсистема контроля состояния подвижных единиц НГПТ предназначена для диспетчерского контроля и оперативного реагирования на критические изменения состояния подвижных единиц НГПТ, находящихся на маршрутах и выполняющих транспортную работу, а также для ведения процесса ремонта подвижных единиц НГПТ, находящихся в ремонтных мастерских.

Подсистема контроля состояния подвижных единиц НГПТ предоставляет следующие функции:

- 1) ведение «цифровых двойников» используемых подвижных единиц НГПТ;
- 2) ведение карточек учёта состояния подвижных единиц НГПТ и их движения по процессу эксплуатации, планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта;
- 3) мониторинг текущего состояния узлов и агрегатов подвижных единиц НГПТ в процессе эксплуатации и сигнализация о его изменении;
- 4) интеграция с системой ТОиР для информационного обмена по вопросам ремонта оборудования, в том числе и превентивного.

В следующей таблице приводится информация обо всех видах обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании подсистемы контроля состояния подвижных единиц НГПТ.

Вид обеспечения	Подсистема контроля состояния подвижных единиц НГПТ
Аппаратно-техническое	Бортовое оборудование для контроля состояния подвижных единиц НГПТ, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в центре управления (может быть совмещено с другими подсистемами)
Программное	Драйверы для работы с бортовым оборудованием контроля состояния подвижных единиц НГПТ, программное обеспечение для обработки сигналов с различных датчиков
Информационное	Информация, передаваемая из бортового оборудования контроля состояния подвижных единиц НГПТ, а также информация о его работоспособности
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание бортового оборудования контроля состояния подвижных единиц НГПТ (может совмещать функции обслуживания других подсистем АСУ НГПТ и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на подвижных единицах НГПТ и других транспортных средств)
Метрологическое	Бортовое оборудование контроля состояния подвижных единиц НГПТ и методы измерения ими различных параметров работоспособности подвижных единиц НГПТ
Математическое	Алгоритмы преобразования «сырых данных» с бортового оборудования в текущие и прогнозные значения показателей работоспособности подвижных единиц НГПТ
Методологическое	Методология использования бортового оборудования контроля состояния подвижных единиц НГПТ для поддержки принятия решений при управлении НГПТ
Методическое	Должностные инструкции и регламенты по ремонту и эксплуатационная документация на периферийное оборудование подсистемы
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Протоколы передачи информации из бортового оборудования контроля состояния подвижных единиц НГПТ

В подсистеме контроля состояния подвижных единиц НГПТ имеется только один вид периферийного оборудования – это бортовое оборудование, располагаемое в подвижных единицах НГПТ. К ним могут подключаться различные сенсоры, снимающие информацию о различных показателях функционирования узлов и агрегатов, их наработке.

Обычно подсистема контроля состояния подвижных единиц НГПТ получает информацию из подсистемы планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения для рас-

чёта плановых показателей функционирования узлов и агрегатов подвижных единиц НГПТ, которые находятся под мониторингом подсистемы.

4.4.5.5. Подсистема коммерческого учёта предоставленных услуг

Подсистема коммерческого учёта предоставленных услуг предназначена для сбора данных о том, какое количество услуг физическим и (или) юридическим лицам оказано перевозчиками с финансовой точки зрения, при этом перевозчики могут быть как муниципальные, так и коммерческие. Эта информация необходима для выработки единых сервисных и тарифных политик оказания услуг населению и предприятиям по организации транспортной работы при помощи муниципального и коммерческого общественного транспорта.

В составе подсистемы чаще всего используется специальное бортовое оборудование, располагаемое в салонах подвижных единиц НГПТ, которое предназначено для взимания платы с пассажиров и подсчёта их количества (в том числе по категориям – в соответствии с используемыми тарифами каждым конкретным пассажиром).

Функции подсистемы следующие:

- 1) ведение сервисных и тарифных политик для маршрутов НГПТ;
- 2) сбор информации с перевозчиков о выполненной транспортной работе и финансовых показателях деятельности;
- 3) предоставление лицам, принимающим решения, аналитики и отчётности по коммерческим показателям работы НГПТ.

В следующей таблице приведены сведения обо всех видах обеспечения, которые требуется описывать при проектировании подсистемы коммерческого учёта предоставленных услуг.

Вид обеспечения	Подсистема коммерческого учёта предоставленных услуг
Аппаратно-техническое	Бортовое оборудование в подвижных единицах НГПТ для взимания платы и подсчёта количества перевезённых пассажиров, а также серверное оборудование в центре управления (может быть совмещено с другими подсистемами), автоматизированные рабочие места персонала

Вид обеспечения	Подсистема коммерческого учёта предоставленных услуг
Программное	Программное обеспечение, выполняющее функции подсистемы, в том числе встроенное в бортовое оборудование
Информационное	Информация в базе данных подсистемы, а также информация, получаемая от перевозчиков
Организационное	Персонал, функциональными обязанностями которого является формирование тарифных политик и контроль коммерческой работы перевозчиков
Метрологическое	Бортовое оборудование для подсчёта перевезённых пассажиров и взимания платы за проезд
Математическое	Алгоритмы, реализованные в программном обеспечении подсистемы
Методологическое	Методология формирования тарифных политик и сбора платы за проезд
Методическое	Должностные инструкции и регламенты персонала подсистемы
Правовое	Стандарты и правила разработки и применения сервисных и тарифных политик
Юридическое	Нормативные правовые акты, регулирующие применение тарифных политик и определяющие права, обязанности и ответственность перевозчиков, в том числе в части взимания платы за проезд
Лингвистическое	Протоколы обмена информацией и язык графических интерфейсов пользователя

Подсистема коммерческого учёта предоставленных услуг перевозчиками, осуществляющими транспортную работу НГПТ, интегрируется через интеграционную подсистему АСУ НГПТ с подсистемой планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения для получения точного количества пройденного пути каждой подвижной единицей НГПТ. Также подсистема может интегрироваться с системами блока «Взимание платы» и блока «Финансовое управление» для передачи данных о финансовых показателях деятельности.

4.4.5.6. Подсистема информирования пассажиров НГПТ

Подсистема информирования пассажиров НГПТ предназначена для доведения до пассажиров как на остановочных пунктах, так и уже внутри подвижных единиц НГПТ оперативной информации о маршрутах, каких-либо ситуациях или иной важной информации. Это та подсистема, которую иногда называют термином «умные остановки», хотя по своей сути система более обширна по функциональности, чем простой информационный киоск на

остановке современного вида. Тем не менее в этом разделе будут описаны функции и аспекты подсистемы именно в части умных остановок с указанием того, что ещё может быть в них интегрировано из автоматизированных и информационных систем, входящих в состав ИТС.

Эта подсистема АСУ НГПТ выполняет следующие функции:

- 1) предоставление пассажирам НГПТ на остановочных пунктах информации о маршрутах НГПТ, приближающихся к остановочному пункту подвижных единиц НГПТ и времени подхода приближающихся подвижных единиц;
- 2) прокладка маршрутов от начальной точки (чаще всего – текущего остановочного пункта) к целевому пункту, куда необходимо попасть пассажиру;
- 3) предоставление пассажирам НГПТ информации о различных параметрах движения и другой релевантной информации непосредственно внутри подвижной единицы НГПТ во время движения.

В следующей таблице обобщены все возможные виды обеспечения, которые требуется прорабатывать при проектировании подсистемы информирования пассажиров НГПТ.

Вид обеспечения	Подсистема информирования пассажиров НГПТ
Аппаратно-техническое	Серверное и коммутационное оборудование для обеспечения работы подсистемы, линии связи, периферийное оборудование на остановочных пунктах и в подвижных единицах НГПТ, а также АРМ оператора
Программное	Приложение для планирования выдачи информации на периферийном оборудовании подсистемы, а также встреченное ПО в периферийном оборудовании
Информационное	Информация, передаваемая между серверным оборудованием, АРМ и периферией подсистемы, а также непосредственно информация для пассажиров НГПТ
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание периферийного оборудования (может совмещать функции обслуживания других подсистем АСУ НГПТ и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на остановочных пунктах и в подвижных единицах), а также операторы подсистемы
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы обработки информации, передаваемой на периферийное оборудование для выдачи пассажирам
Методологическое	–

Вид обеспечения	Подсистема информирования пассажиров НГПТ
Методическое	Учебные материалы для операторов подсистемы
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Языки, используемые для информирования пассажиров НГПТ, а также протоколы взаимодействия

Эта подсистема физически интегрирована с несколькими другими, в том числе и с подсистемами иных систем, кроме АСУ НГПТ, и даже информационных и автоматизированных систем из других блоков. В частности, следующие системы должны точно интегрироваться с подсистемой информирования пассажиров НГПТ:

- 1) подсистема планирования маршрутов и контроля графика исполненного движения АСУ НГПТ;
- 2) автоматизированная система управления дорожным движением;
- 3) автоматизированная система транспортной информации;
- 4) системы блока «Сервис для пользователей».

С подсистемой информирования пассажиров НГПТ также могут интегрироваться и другие системы ИТС.

4.4.5.7. Подсистема обеспечения безопасности в подвижных единицах НГПТ

Как следует из её наименования, подсистема обеспечения безопасности в подвижных единицах НГПТ предназначается для обеспечения комплексной безопасности на остановочных пунктах и внутри подвижных единиц общественного транспорта. В первую очередь речь, конечно, идёт о физической безопасности и предотвращении правонарушений и преступлений на транспорте, в том числе и против должностных лиц (например, водителя).

Функциями подсистемы обеспечения безопасности в подвижных единицах НГПТ являются:

- 1) осуществление видеонаблюдения с возможностью видеоаналитики (в том числе посредством интеграции с системой видеонаблюдения и видеоаналитики) на остановочных пунктах и внутри подвижных единиц НГПТ;
- 2) предоставление пассажирам и водителю возможности экстренной связи с диспетчером НГПТ, в том числе при помощи скрытой тревожной кнопки.

Далее в приведённой ниже таблице описаны все виды обеспечения, которые требуется прорабатывать при проектировании подсистемы обеспечения безопасности в подвижных единицах НГПТ.

Вид обеспечения	Подсистема обеспечения безопасности в подвижных единицах НГПТ
Аппаратно-техническое	Серверное и коммутационное оборудование для обеспечения работы подсистемы, линии связи, видеокамеры и тревожные кнопки на остановочных пунктах и в подвижных единицах НГПТ, а также АРМ оператора
Программное	Приложение для видеонаблюдения и видеоаналитики, а также для обеспечения диспетчерской связи (как по аудио-, так и по видеоканалу)
Информационное	Информация, передаваемая между серверным оборудованием, АРМ и периферийным оборудованием подсистемы, – видеопотоки, голосовые и видеосообщения, тревожный вызов
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание периферийного оборудования (может совмещать функции обслуживания других подсистем АСУ НГПТ и смежных с ней подсистем ИТС, периферийное оборудование которых находится на остановочных пунктах и в подвижных единицах), а также операторы подсистемы
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы обработки информации, передаваемой с периферийного оборудования подсистемы
Методологическое	–
Методическое	Учебные материалы для операторов подсистемы
Правовое	Нормативно-правовые основы деятельности операторов подсистемы в части обеспечения безопасности на транспорте, в том числе должностные инструкции с определением ответственности за действия и бездействия персонала
Юридическое	Нормативные акты, определяющие ответственность персонала подсистемы
Лингвистическое	Протоколы взаимодействия серверного и периферийного оборудования подсистемы, а также язык графического интерфейса пользователя АРМ

Как уже упомянуто выше, эта подсистема может быть интегрирована с системой видеонаблюдения и видеоаналитики из состава блока «Организация и управление дорожным движением». В принципе, функциональность этой подсистемы в части видео-

наблюдения и видеоаналитики может быть «отдана на аутсорс» упомянутой системе.

4.4.6. Автоматизированная система транспортной информации

Одной из важнейших систем блока «Организация и управление дорожным движением» является автоматизированная система транспортной информации (АСТИ), однако её роль и предназначение начали осмысливаться только в последнее время. При этом эта система фактически является центральным звеном сбора и агрегирования транспортной информации из разнообразных источников, её очистки и структурирования для дальнейшего использования во всех системах блока «Моделирование, прогнозирование, отчётность» – в первую очередь в транспортной модели.

Особенность описываемой системы в том, что она позволяет собирать транспортную информацию из любых источников, причём зачастую такие источники могут подключаться к ней «на лету» без необходимости перенастройки системы. Достаточно только описать формат взаимодействия, протокол и каналы получения информации, после чего она будет собираться и складываться в соответствующие структуры. При этом источниками транспортной информации могут быть произвольные объекты и устройства. В частности, можно отметить следующие (но не ограничивая список):

- 1) автомобили всех типов – личные автомобили граждан, коммерческие автомобили, подвижные единицы общественного транспорта, беспилотные автомобили. При этом собираемая информация может быть самой разнообразной. Например:
 - а) информация о маршрутах следования автомобиля;
 - б) информация о состоянии автомобиля и его подсистемах и агрегатах;
 - в) информация о перевозимых грузах и пассажирах;
 - г) информация об окружающем автомобиль пространстве, в том числе видеопотоки с видеокамер, которыми автомобиль оснащён;
 - д) информация о взаимодействии автомобиля с другими акторами в рамках транспортной ситуации;

- 2) периферийное оборудование ИТС и даже других (смежных по отношению к ИТС) систем, располагаемое на улично-дорожной сети или в придорожной инфраструктуре. Перечислять такое оборудование смысла нет, так как вся глава 4 настоящей книги посвящена описанию подсистем ИТС с перечислением периферийного оборудования;
- 3) гаджеты водителей, пассажиров и пешеходов, с которых можно снимать обезличенную информацию для построения графов перемещений и матрицы корреспонденции для актуализации динамической транспортной модели и подготовки к перекалибровке макромодели;
- 4) вероятно, имеет смысл получать информацию из различного рода систем, функционирующих в объектах дорожного сервиса, – автозаправочных станций, мотелей, ресторанов и т. д. Эта информация также позволит сделать данные для транспортной модели более точными и, как следствие, более эффективно прогнозировать развитие дорожной обстановки и транспортный спрос;
- 5) наконец, важной частью транспортной информации являются данные из обеспечивающих и смежных технологических сетей – сети связи, энергетической сети и др. По информации из этих сетей можно делать выводы о том, что происходит на улично-дорожной сети и графе дорог, а также «питать» транспортную модель.

Важным моментом в таком сборе информации является возможность применения технологии слияния данных (англ. *data fusion*). Слияние транспортных данных на любом из уровней технологии предполагает, что слитые данные являются намного более информативными, чем исходные. Например, построение матрицы корреспонденции для транспортной модели на основе данных из разнообразных источников должно давать более качественный результат по сравнению с тем, если использовать только один источник.

АСТИ в целом состоит из следующих модулей:

- интеграционный модуль – принимает информационные потоки из всех зарегистрированных в АСТИ источников транспортной информации, а также обеспечивает информационный обмен между всеми остальными модулями АСТИ;
- модуль «Сбор данных» – осуществляет агрегирование транспортной информации из всех доступных источников и её

слияние на низком, среднем и высоком уровнях для повышения качества информации в целях анализа и поддержки принятия решений;

- модуль «Анализ данных» – применяется для дальнейшего после агрегирования анализа информации с получением определённых выводов относительно текущего и прогноз-ного состояния транспортной ситуации и транспортной системы;
- модуль «Поддержка принятия решений» – предназначен для поддержки принятия решений ЛПП относительно развития транспортной системы в целом и (или) осуществления точечных или массовых управленческих воздействий на текущую обстановку на улично-дорожной сети или автодорожной магистрали;
- модуль «Выдача информации» – используется другими подсистемами ИТС и внешними по отношению к ней системами для получения транспортной информации в сыром и (или) агрегированном виде, получения аналитических данных или осуществления поддержки принятия решений в рамках соответствующих подсистем.

Как обычно, в следующей таблице приведены все виды обеспечения, которые требуется описать при проектировании АСТИ.

Вид обеспечения	Автоматизированная система транспортной информации
Аппаратно-техническое	Серверное и коммутационное оборудование, хранилище данных
Программное	Серверное программное обеспечение для сбора и агрегирования транспортной информации
Информационное	Транспортная информация, собираемая из разнообразных источников
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы агрегирования и слияния информации
Методологическое	Методы сбора информации из гетерогенных источников
Методическое	Инструкции и методические рекомендации по использованию агрегированной транспортной информации для решения задач ИТС
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы её сбора

Итак, ещё раз. Автоматизированная система транспортной информации предназначена для агрегирования всей информации о дорожном движении – параметрах транспортных (автомобильных, велосипедных, пешеходных и др.) потоков в мгновенных срезах с заданной периодичностью с каждого рубежа контроля и в сводных данных по выделенным ареалам и временным периодам. Кроме того, в АСТИ собирается вся информация, необходимая для принятия решений при прогнозировании развития транспортной обстановки и планировании реагирования ИТС на изменяющиеся условия. При этом для сбора транспортной информации используются любые источники, которые доступны в составе ИТС, – детекторы транспорта разного уровня, видеокамеры, бортовые системы подвижных единиц пассажирского транспорта, «умные» пешеходные светофоры, станции проката велосипедов и электросамокатов и т. д.

Сведённая информация из АСТИ может использоваться не только в рамках ИТС, но и вообще в любых системах любого сегмента «умного города». Посредством интеграционной шины данные из АСТИ должны передаваться точно и в срок во все системы-потребители для использования при планировании управляющих воздействий на различные аспекты жизни города. Наиболее важным для этого представляется применение так называемой матрицы корреспонденций.

Матрица корреспонденций транспортных потоков – это основная модель для описания и оценки динамики изменения транспортных потоков из различных источников к различным точкам притяжения на улично-дорожной сети населённого пункта. При транспортном моделировании матрица корреспонденций используется для прогноза количества автомобилей, переехавших из одного транспортного района в другой в зависимости от времени суток, дня недели, сезона, погодных условий и множества других факторов. Однако она также может использоваться и в любых других процессах, опосредованно связанных с транспортом и управляемых при помощи автоматизированных и информационных систем из других сегментов «умного города». В частности, видятся следующие возможности:

- диммирование уличного освещения в зависимости от интенсивности дорожного движения на соответствующих улицах;

- перераспределение электроэнергии по потребителям в зависимости от количества людей в тех или иных районах города;
- эффективное использование транспортных средств служб ЖКХ при утилизации мусора;
- изучение нагрузки на экологию города и принятие мер по уменьшению такой нагрузки;
- планирование строительства новых жилых и коммерческих кварталов, а также адаптивные изменения градостроительной политики.

АСТИ является одной из центральных высокоуровневых подсистем ИТС, которая диспетчеризует информационные потоки из всех нижележащих подсистем ИТС, агрегирует их и раздаёт всем заинтересованным потребителям. С учётом парадигмы города, управляемого данными (англ. *data-driven city*), такие данные должны быть доступны всем акторам, имеющим отношение к жизни в городе, – жителям, бизнес-компаниям и общественным организациям, государственным органам любого уровня. В этом случае будут возникать новые способы применения транспортной информации, а общая жизнедеятельность «умного города» (и далее – электронного государства) будет повышать свою эффективность.

Таким образом, АСТИ должна находиться в центре базовых систем ИТС и «умного города» в целом, что позволит использовать валидную и своевременно поставляемую актуальную транспортную информацию для использования в процессах управления и принятия решений во всех аспектах жизнедеятельности «умного города» и больше – города, управляемого данными. Вместе с тем эта тема ещё ждёт своего скрупулёзного исследователя, поскольку многие вопросы использования транспортной информации в смежных системах и процессах остаются открытыми.

4.4.7. Другие возможные системы блока

«Организация и управление дорожным движением»

Невозможно охватить рассмотрением все возможные системы и элементы блока «Организация и управление дорожным движением», так как наука и практика управления транспортными системами развиваются год от года, в результате чего появляются новые функциональные блоки, оформляемые в виде автоматизи-

рованных или информационных систем. В частности, за время подготовки этой книги к изданию в поле зрения разработчиков ИТС и АСУДД вошли следующие системы, рассмотрение которых в полном объёме в этой книге затруднительно, но кратко их можно охарактеризовать следующим образом:

1. *Цифровой двойник автомобильной дороги.* Фактически эта система представляет собой граф дорог (УДС) с расположенными на нём инфраструктурными объектами автомобильной отрасли и любыми иными объектами, которые так или иначе влияют на организацию дорожного движения и параметры транспортных потоков. Как к дорогам, так и к объектам вдоль них приписана разнообразная аналитическая информация, которая может изменяться в динамике в соответствии с тем, что происходит на прообразе двойника. Эта система позволяет полноценно моделировать любой процесс, касающийся дороги, организации дорожного движения на ней и т. д. с ответами на такие вопросы, как «Что будет, если...» или «Что надо сделать для того, чтобы...». Граф дорог в этом случае является элементом геоинформационной системы и используется не только как основа для АСУДД, но и как основа для цифрового двойника автомобильной дороги и электронной КСОДД.
2. *Электронная комплексная схема организации дорожного движения (КСОДД).* КСОДД представляет собой планировочный и проектный документ, который необходим для формирования комплексных решений по обеспечению безопасности и эффективности дорожного движения на территории одного или нескольких муниципалитетов или территориальных образований большего размера. Этот документ является основой для различного рода градостроительных мероприятий. Соответственно, электронная КСОДД является логичным продолжением цифровизации и автоматизации методов управления дорожным хозяйством. Фактически это модель развития муниципалитета, внесение изменений для актуализации в которую можно осуществлять в рамках электронного документооборота, что делает процесс намного более удобным и простым.
3. *Динамическая транспортная модель.* В отличие от обычной транспортной модели (макро-, мезо- и микро-), которая была рассмотрена ранее, динамическая транспортная

модель работает в режиме реального времени и получает для своей работы оперативную транспортную информацию (или из АСУДД, или из АСТИ). ДТМ позволяет прогнозировать развитие дорожной обстановки в горизонте нескольких часов на всей площади улично-дорожной сети для принятия оперативных решений автономной АСУДД. Фактически ДТМ составляет ядро ИТС в области организации дорожного движения, проявляя её интеллектуальность. И если АСУДД представляет собой реактивный контур управления транспортной ситуацией, то ДТМ является мозгом ИТС в части ОДД.

4. *Система обеспечения V2X-взаимодействия.* Для повышения степени подключённости транспортных средств и в целях перехода к беспилотному транспорту ИТС постепенно будет оснащаться системами и периферийным оборудованием, которые смогут осуществлять взаимодействие с транспортными средствами – так называемое V2X-взаимодействие (от англ. *vehicle to everything*). Фактически это множество транзакций между автомобилем и разнородными акторами, участвующими в дорожном движении: V2V – автомобиль с автомобилем, V2I – автомобиль с инфраструктурой, V2P – автомобиль с пешеходами и пассажирами, V2C – автомобиль с центральной системой управления. Кроме того, выделяются более редкие схемы взаимодействия: V2D – автомобиль с произвольными устройствами, V2G – автомобиль с энергетической системой, V2N – автомобиль с сетью передачи данных. В процессе такого взаимодействия акторы обмениваются актуальной информацией об окружающей среде и своём состоянии, что повышает качество принимаемых автономными агентами решений (в особенности это важно для беспилотных автомобилей). Ну а система обеспечения V2X-взаимодействия в составе блока «Организация дорожного движения» в ИТС позволяет создать транспортную среду для всех перечисленных типов взаимодействия.
5. *Автоматизированная система управления транспортной логистикой.* Важной задачей является управление логистическими цепочками как на уровне исполнителей на всех этапах продвижения грузов и оформления соответствующих документов, так и в целом на уровне информационной

поддержки полного цикла перевозок. Автоматизированная информационная система, осуществляющая поддержку решения этой задачи и снимающая рутинные операции с персонала, позволит повысить эффективность транспортной логистики и обеспечить бесшовную интеграцию перевозочных процессов с другими процессами в рамках хозяйственно-экономической деятельности. Вместе с тем такая система требует большого количества информации и интеграционных потоков как по данным, так и по управлению с многочисленными системами блока «Организация дорожного движения», так что именно в этом блоке такая система могла бы размещаться.

6. *Система управления интермодальными перевозками.* Наконец, если рассматривать логистические процессы в их более широком контексте, то важной частью перемещения пассажиров и грузов являются интермодальные перевозки, то есть доставка людей и товаров из начального пункта в конечный самым оптимальным маршрутом с задействованием тех транспортных модальностей, которые и обеспечат оптимальность. Это приводит к парадигме MaaS – Mobility as a Service (англ. мобильность как услуга), когда пользователь платит за оптимальную доставку, а как она будет осуществлена – его не волнует. Здесь важным элементом реализации этой парадигмы будет система управления интермодальными перевозками, которая должна оптимизировать транспортный процесс так, чтобы обеспечить бесшовную интеграцию различных модальностей транспорта друг с другом. Ведь самые большие потери ресурсов происходят именно на стыках модальностей.

В случае необходимости использования какой-либо из этих систем в своём проекте вы можете написать запрос на адрес электронной почты roman.dushkin@gmail.com для получения дополнительной информации.

4.5. Блок «Взимание платы»

Взимание платы – это процесс администрирования платежей за использование платной автодорожной инфраструктуры, чаще всего автомобильных дорог для проезда. К блоку «Взимание

платы» можно было бы отнести все подсистемы ИТС, в которых имеются платные услуги для пользователей. В частности, система фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения и система весогабаритного контроля из блока «Организация дорожного движения» в части функциональности по взиманию платежей могли бы быть отнесены к блоку «Взимание платы». Однако для того, чтобы не дробить целостные системы на части только для размещения их в логически обусловленных блоках, перечисленные две системы отнесены к блоку «Организация дорожного движения». Поэтому к блоку «Взимание платы» относятся только следующие системы, основное предназначение и функциональность которых заключаются именно во взимании платы. К таким системам в соответствии с принципами, описанными в главе 3, относятся следующие:

- 1) взимание платы за пользование платными автомобильными дорогами;
- 2) взимание платы за проезд на наземном общественном транспорте;
- 3) взимание платы за пользование парковочным пространством.

Системы с этой группой функциональности будут описаны в настоящем разделе.

Также необходимо отметить, что практически для всех систем (и их подсистем) из блока «Взимание платы» перечень необходимых видов обеспечения, которое необходимо прорабатывать на этапе проектирования, практически одинаковый, поэтому сводная таблица для всех систем блока представлена ниже.

Вид обеспечения	Системы блока «Взимание платы»
Аппаратно-техническое	Серверное и коммутационное оборудование, линии связи, периферийное оборудование на рубежах взимания платы, АРМ кассира (носимый или стационарный), АРМ других сотрудников СВП
Программное	Серверное, прикладное и встроенное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании, АРМ сотрудников или на периферийных устройствах соответственно
Информационное	Информация о транзакциях сбора платы за пользование платными объектами дорожной инфраструктуры, а также сводные отчёты, в том числе и строгая отчётность по требованиям регуляторов
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самих систем – кассиры, операторы, финансовые контролёры и аудиторы

Вид обеспечения	Системы блока «Взимание платы»
Метрологическое	Методы измерения, используемые в периферийном оборудовании, которое фиксирует транзакции сбора платы
Математическое	Алгоритмы расчёта стоимости пользования платными объектами дорожной инфраструктуры, а также алгоритмы агрегирования информации и составления отчётности
Методологическое	Методы обеспечения финансовой политики оператора, осуществляющего сбор платы
Методическое	Инструкции и методические рекомендации по использованию систем взимания платы, а также инструкции по обучению кассиров, старших кассиров, финансовых аналитиков и аудиторов
Правовое	Нормативные правовые и нормативно-технические акты, регулирующие вопросы взимания платы за пользование платными объектами дорожной инфраструктуры с водителей или владельцев транспортных средств
Юридическое	Описание обязанностей и ответственности персонала систем взимания платы при выполнении им функций по сбору платежей
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

Соответственно, такая таблица не будет приводиться далее в подразделах этого раздела.

4.5.1. Система взимания платы за проезд по платной автомобильной дороге

Система взимания платы за проезд по платной автомобильной дороге (СВП ПАД) предназначена для получения оплаты с водителей транспортных средств за пользование платной автомобильной дорогой.

Эффективное функционирование СВП ПАД обеспечивается взаимосвязанной работой входящих в её состав подсистем и модулей, включающих набор периферийного оборудования, СВП первого, второго и третьего уровней (СВП-1, СВП-2 и СВП-3), интеграционную систему обеспечения интероперабельности (СВП-4/5), их взаимодействием в режиме реального времени с иными системами ИТС и внешними системами через общую интеграционную платформу ИТС по стандартизированным протоколам межсистемного взаимодействия либо напрямую по вимосогласованным протоколам обмена данных.

Функции систем, входящих в состав СВП ПАД:

- 1) сбор, учёт и хранение денежных средств, поступающих в качестве платы за проезд;
- 2) исключение несанкционированного въезда или выезда на автодорогу через зону пункта взимания платы;
- 3) обеспечение пропускной способности, соответствующей расчётной интенсивности движения по автодороге, за счёт снижения до минимума числа остановок пользователя, времени ожидания оплаты и времени оплаты за проезд;
- 4) обеспечение удобства оплаты для пользователя;
- 5) обеспечение безопасности для пользователя при маневрировании и подъезде к кабине сбора платы;
- 6) обеспечение безопасности для персонала ПВП;
- 7) обеспечение возможности одновременного использования различных систем оплаты в зависимости от предпочтений пользователя;
- 8) обеспечение возможности увеличения пропускной способности как за счёт увеличения числа полос и кабин сбора платы, так и за счёт использования новых технологий сбора платы, не требующих остановки транспортных средств.

Независимо от функциональности СВП ПАД может относиться к следующим типам объектов, за использование которых взимается плата:

- 1) точечные объекты дорожной инфраструктуры – мосты, тоннели, паромные переправы;
- 2) линейные объекты дорожной инфраструктуры – автомобильные дороги;
- 3) площадные объекты дорожной инфраструктуры – отдельные кварталы или другие выделенные зоны платного въезда.

На всех перечисленных объектах может быть организован платный въезд или проезд, поэтому на них резонно внедрять СВП ПАД.

С другой стороны, взимание платы на таких объектах может осуществляться двумя способами – с остановкой транспортного средства у барьера (обычно – шлагбаума) или в безостановочном режиме. Поэтому с этой точки зрения СВП ПАД можно также разделить на три класса:

- 1) барьерный проезд – все транспортные средства должны остановиться около барьера, произвести оплату, после чего барьер снимается для продолжения движения;

- 2) безбарьерный проезд (англ. *free flow* – свободный поток) – все транспортные средства проезжают рубежи взимания платы без остановки, плата снимается автоматически со счёта, привязанного к идентификатору транспортного средства;
- 3) смешанный режим – для некоторых транспортных средств, которые пользуются специальными устройствами удалённой оплаты, применяется безбарьерный проезд (шлагбаум поднимается автоматически при подъезде транспортного средства к барьеру), а для остальных транспортных средств применяется барьерный режим.

Наконец, третий способ классификации СВП ПАД заключается в разделении уровней ответственности и функциональности. По этому классификатору СВП ПАД разделяется на четыре или пять классов следующим образом:

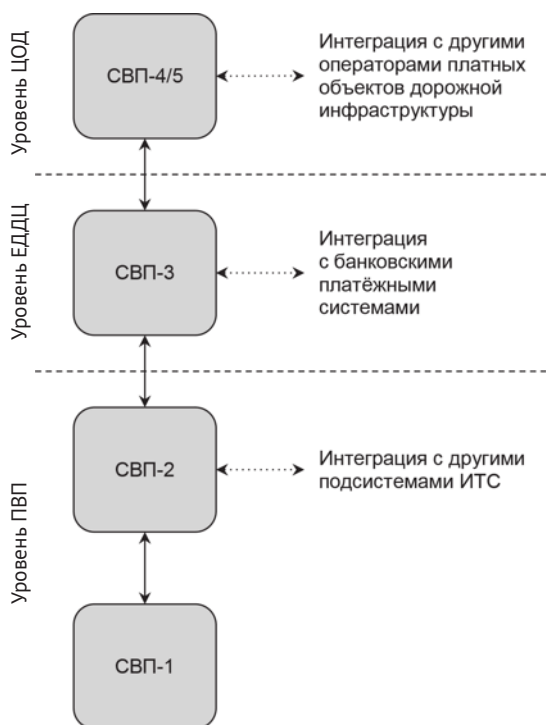
- 1) СВП-1 – уровень одного объектового комплекса или рубежа контроля, на котором осуществляется оплата. Например, для платной автомобильной дороги это может быть кабина оплаты со всем периферийным оборудованием вокруг и внутри неё;
- 2) СВП-2 – уровень набора объектовых комплексов, объединённых физической близостью. Например, для платной автомобильной дороги уровень СВП-2 определяется как набор всех полос оплаты, располагаемых на одном рубеже контроля – пункте взимания платы (ПВП). Другими словами, этот уровень объединяет один или несколько объектов СВП-1;
- 3) СВП-3 – уровень объекта, для которого взимается плата, то есть для платной автомобильной дороги это уровень всей дороги, которая включает в себя один или несколько экземпляров СВП-2;
- 4) СВП-4 – уровень региона (или, чаще, государства), где располагаются платные объекты дорожной инфраструктуры. На этом уровне осуществляется интеграция систем взимания платы разных объектов для обеспечения интероперабельности в рамках одного региона или государства;
- 5) СВП-5 – соответственно, это уровень объединения государств с интегрированными транспортными системами, когда интероперабельность систем взимания платы и средств оплаты проезда объединена на уровне нескольких государств.

Часто уровни СВП-4 и СВП-5 объединяют в один, и тогда говорится об уровне СВП-4/5.

Именно на этом классификаторе будет основано дальнейшее рассмотрение СВП ПАД.

Необходимо отметить, что СВП-1 и СВП-2 располагаются на уровне ПВП. СВП-3 обычно располагается на уровне ЕДДЦ (или, как минимум, ЛЦУ/ЗЦУ). А вот СВП-4/5 располагается на уровне ГСЦ. Все системы осуществляют межсистемное взаимодействие с иными системами и подсистемами ИТС, а также с внешними системами. Межсистемное взаимодействие между СВП-1 и СВП-2 осуществляется непосредственно на ПВП при помощи прямого интерфейса. Межсистемные взаимодействия между другими системами осуществляются посредством общей интеграционной платформы.

Диаграмма архитектуры СВП ПАД представлена на следующем рисунке.



Далее в подразделах все подсистемы СВП ПАД рассматриваются более подробно.

4.5.1.1. СВП-1

СВП-1 предназначена для непосредственного получения денежных средств в наличной или безналичной форме от водителя транспортного средства и оформления транзакции.

СВП-1 включает в свой состав специально оборудованные полосы оплаты с комплексом аппаратных и инфраструктурных средств, предназначенных для взимания платы за проезд по платному элементу дорожной инфраструктуры. При этом использование единых технологических принципов построения комплекса технических средств на каждом рубеже оплаты позволяет избежать затрат на дальнейшее расширение инфраструктуры, упростить модернизацию оборудования, снизить общие затраты на эксплуатацию различных систем.

СВП-1 обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- 1) идентификацию пользователей платной автодороги;
- 2) идентификацию класса транспортного средства;
- 3) взвешивание транспортного средства (опционально);
- 4) расчёт размера сдачи при оплате проезда наличными средствами;
- 5) взимание платы за пользование платным объектом дорожной инфраструктуры;
- 6) фотовидеофиксацию транзакции;
- 7) выдачу чека/квитанции;
- 8) учёт поступающих денежных средств и формирование финансового отчёта;
- 9) связь водителя с диспетчером посредством переговорного устройства;
- 10) учёт фактов проезда и передачу данных в СВП-2 для формирования отчёта о движении денежных средств;
- 11) индикацию смены рабочих режимов полос оплаты;
- 12) управление периферийным оборудованием полосы, оперативное информирование о сбоях и неполадках, передачу данных в СВП-2 для формирования сообщений о состоянии и работе периферийного оборудования;

- 13) предотвращение несанкционированного въезда на платный объект дорожной инфраструктуры.

Кроме того, СВП-1 может позволять взимать плату с водителей транспортных средств с помощью наличной оплаты, оплаты магнитными или бесконтактными картами, а также осуществлять оплату с использованием транспондеров, в том числе без остановки транспортного средства (на специально выделенных полосах). Если же используется подход *free flow*, то СВП-1 взимает плату с водителей исключительно безостановочным и бесконтактным способом, детали и технологии которого прорабатываются в каждом конкретном случае отдельно в зависимости от локального законодательства.

На уровне СВП-1 обеспечивается управление всем оборудованием, находящимся непосредственно на полосе. Также обычно предусматриваются следующие варианты развёртывания СВП-1:

- 1) *СВП-1 на обычной полосе*. Получение денежных средств от водителей транспортных средств в наличной или безналичной форме на обычной полосе ПВП или рубеже контроля (так называемая полоса «Stop&Go»);
- 2) *СВП-1 на быстрой полосе*. Получение денежных средств от водителей транспортных средств в безналичной форме (транспондеры или другие средства электронной оплаты) на полосе для безостановочного проезда (так называемая полоса «NonStop»);
- 3) *СВП-1 на реверсивной полосе*. Получение денежных средств от водителей транспортных средств в наличной или безналичной форме на обычной полосе ПВП или рубеже оплаты, которая может менять направление движения в зависимости от загруженности направлений;
- 4) *мобильный кассир*. Быстрое получение денежных средств от водителей транспортных средств в наличной или безналичной форме на любых полосах для уменьшения времени нахождения водителей в заторах перед ПВП, в случае если такие заторы появляются.

СВП-1 неразрывно связана с СВП-2, поэтому обычно архитектура этой системы рассматривается совместно с архитектурой СВП-2, так что общая диаграмма компонентов и их взаимосвязей будет приведена в следующем подразделе.

4.5.1.2. СВП-2

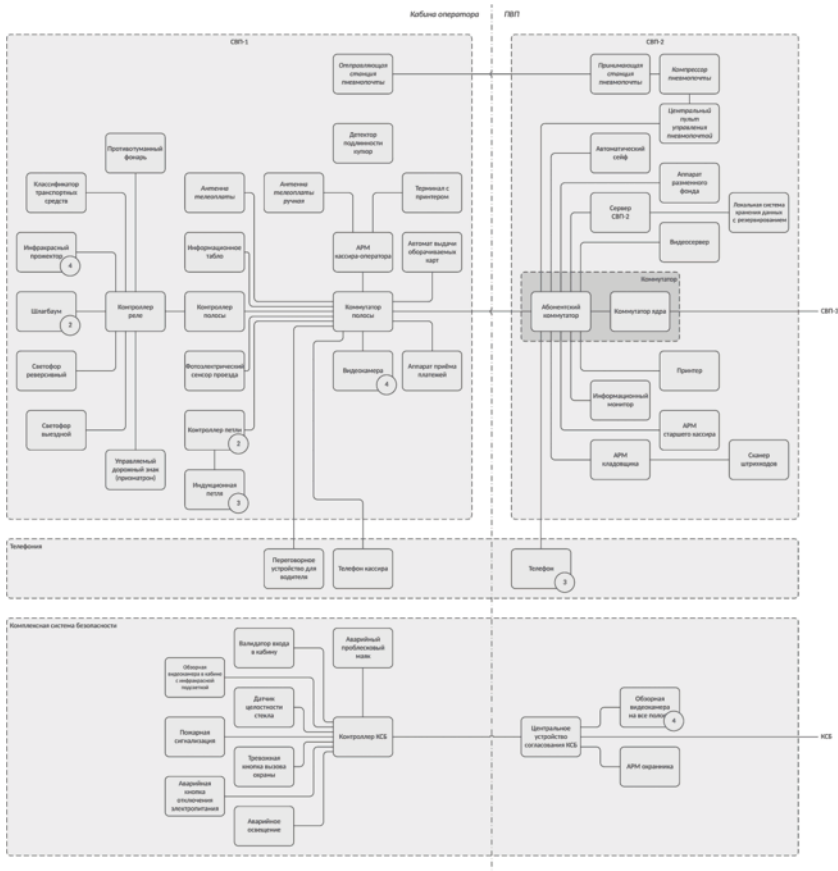
СВП-2 предназначена для координации работы полос на платной автомобильной дороге или рубежей оплаты на других платных объектах дорожной инфраструктуры, ведения «цветных» списков транспондеров, хранения транзакций на уровне ПВП.

СВП-2 обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- 1) контроль и диспетчерское управление рубежами взимания оплаты пользования платными объектами дорожной инфраструктуры;
- 2) мониторинг, учёт и хранение данных об оказанных услугах, о применённой тарификации, оплатах, произведённых клиентами, фактах нарушения правил пользования платными объектами дорожной инфраструктуры;
- 3) хранение информации и передача сообщений в СВП-3 для формирования отчётов о движении денежных средств и взимании платы, о работе оборудования ПВП;
- 4) обеспечение обмена данными с каждым рубежом СВП-1;
- 5) обеспечение обмена данными с СВП-3.

Сама по себе СВП-2 является «промежуточной» системой, системой-прокладкой для уровней оплаты (СВП-1) и контроля (СВП-3). На этом уровне осуществляется агрегирование информации и денежных потоков с каждого рубежа оплаты. Поэтому эта система представляет собой в основном программное обеспечение старшего кассира, ну и часть серверного и коммутационного оборудования на ПВП.

Поскольку СВП-2 и все подчинённые экземпляры СВП-1 связаны, обычно их архитектура рассматривается нераздельно. Далее на следующем рисунке приведена архитектура СВП-1 и СВП-2 для одного из проектов, в котором автор принимал участие в качестве системного архитектора, – это был проект ИТС на трансевразийском транспортном коридоре, при этом по территории России проходила его часть длиной почти 2000 км.



Как видно из представленного примера, в составе СВП-1 и СВП-2 имеется большое количество разнообразного периферийного оборудования, которое всё коммутируется через коммутаторы соответствующих уровней, а работа идёт на АРМ соответствующих кассиров (если речь идёт о приёме наличных платежей).

В общем, как всегда такое бывает, конкретизироваться эти системы должны для каждого объекта индивидуально.

4.5.1.3. СВП-3

СВП-3 предназначена для финансового контроля и мониторинга попыток обмана СВП ПАД со стороны персонала, выпуска транспондеров, а также связи с банком (процессы процессинга и биллинга).

Основные функции СВП-3 следующие:

- 1) контроль взимания платы за проезд, обеспечение обмена данными с каждым ПВП (уровень СВП-2);
- 2) управление коммерческими продуктами оператора платного доступа на объект дорожной инфраструктуры;
- 3) управление тарифами и стоимостью продуктов и услуг;
- 4) управление политиками лояльности;
- 5) управление клиентами, контрактами, договорами, средствами оплаты проезда;
- 6) выставление счетов на оплату;
- 7) эмиссия электронных средств оплаты (ЭСО);
- 8) загрузка данных в СВП-2 по всем разрешённым и запрещённым средствам оплаты проезда на ПВП (так называемые «цветные списки»);
- 9) получение данных от СВП-2 обо всех зарегистрированных проездах транспортных средств через ПВП и применённых средствах оплаты;
- 10) формирование подробных отчётов о работе всех ПВП, закрытии кассовых смен, состоянии договоров клиентов и актуальности всех средств оплаты проезда;
- 11) обеспечение обслуживания клиентов;
- 12) прямое взаимодействие и синхронизация информации о транзакциях с блоком «Финансовое управление»;
- 13) финансовый контроль и мониторинг попыток обмана системы со стороны персонала;
- 14) взаимодействие с банками в части процессинга и биллинга.

4.5.1.4. СВП-4/5

СВП-4/5 предназначена для интеграции с системами других операторов для обмена информацией о транспондерах и других ЭСО с целью предоставления водителям транспортных средств возможности проезда по транспондерам, не принадлежащим оператору платного доступа на конкретный объект дорожной инфраструктуры.

СВП-4/5 обеспечивает следующую функциональность:

- 1) информационный обмен с иными операторами на национальном и межгосударственном уровнях об используемых транспондерах и других ЭСО;
- 2) управление межбанковским взаимодействием между разными операторами платных объектов дорожной инфраструктуры.

4.5.1.5. Упрощённая модель расчёта потребности ПВП в полосах оплаты проезда

Важным вопросом организации рубежей оплаты является количество полос на каждом рубеже, поскольку это напрямую влияет на экономику всего процесса. Каждая полоса оплаты на рубеже независимо от того, является ли СВП барьерной или безбарьерной, требует определённых капитальных и операционных затрат. Поэтому при проектировании рубежей оплаты для любой СВП необходимо найти оптимальное число полос оплаты на каждом рубеже. Это значит, что количество полос должно быть в точности таким, которое экономически целесообразно. А экономическая целесообразность, в свою очередь, следует из двух факторов:

- 1) *необходимое условие*. Количество полос оплаты не должно быть меньше, чем необходимое число для пропуска трафика через рубеж оплаты с заданной интенсивностью, так чтобы не скапливались заторы на въездах на полосы;
- 2) *достаточное условие*. Количество полос оплаты не должно быть больше, чем достаточное число для пропуска трафика с заданной интенсивностью, так чтобы не оставались неиспользуемые полосы.

Другими словами, расчёт количества полос оплаты на рубеже – это классическая минимаксная задача оптимизации из области операционного менеджмента и теории массового обслуживания. Для её решения можно использовать любые методы из этих областей знаний. Однако в целях упрощения подхода к расчётам в этой книге приводится упрощённая модель.

Входными данными для этой модели являются:

- 1) F_i – оценка интенсивности въездного транспортного потока в приведённых автомобилях в час;
- 2) F_o – оценка интенсивности выездного транспортного потока в приведённых автомобилях в час;

- 3) D – доля транспортных средств с транспондерами;
- 4) A_s – общее количество полос на ПВП;
- 5) A_r – количество реверсивных полос на ПВП;
- 6) T_1 – регламентное время обслуживания на полосах типа Stop&Go в секундах;
- 7) T_2 – регламентное время обслуживания на быстрых полосах Stop&Go в секундах.

Выходными значениями модели являются следующие расчётные параметры:

- 1) O_i – общее количество полос для въезда;
- 2) O_o – общее количество полос для выезда;
- 3) A_{Di} – количество быстрых полос для въезда;
- 4) A_{Do} – количество быстрых полос для выезда;
- 5) T_i – среднее время в очереди на въезде;
- 6) T_o – среднее время в очереди на выезде.

Общее количество полос для въезда и выезда рассчитывается на основании того, интенсивность какого трафика выше: въездного или выездного. Если въездной трафик больше, то общее количество полос для въезда складывается из количества въездных полос и количества реверсивных полос, а общее количество полос для выезда равно только количеству выездных полос. Если же въездной трафик меньше, то общее количество въездных и выездных полос считается наоборот, то есть реверсивные полосы добавляются на выезд.

Количество быстрых полос для въезда и выезда рассчитывается пропорционально взвешенной доле въездного и выездного трафиков с транспондерами (или другими ЭСО) соответственно. Расчёт производится по следующей формуле (приводится только для въездного трафика, для выезда аналогично):

$$A_{Di} = \left[O_i \times \frac{T_2 D}{T_1 (1 - D) + T_2 D} \right].$$

Таким образом, если доля трафика с транспондерами превышает некоторое значение, то из количества выездных полос начинают выделяться быстрые полосы для пропуска транспортных средств с транспондерами.

Среднее время нахождения автомобиля в очереди на въезде рассчитывается как максимальное значение между T_1 и следующим значением:

$$T'_i = \begin{cases} \frac{T_1}{O_i} \left(\left\lfloor \frac{F_i(1-D)}{60} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{F_i D}{60} \right\rfloor \right), & A_{Di} = 0 \\ T_1 \frac{\left\lfloor \frac{F_i(1-D)}{60} \right\rfloor}{O_i - A_{Di}} + T_2 \frac{\left\lfloor \frac{F_i D}{60} \right\rfloor}{D_{Di}} & \text{в ином случае} \end{cases}.$$

Другими словами, если интенсивность трафика такова, что транспортные средства подъезжают быстрее, чем полосы могут их обслужить и пропустить, то начинает накапливаться очередь. Оценка времени нахождения в очереди адекватная только для небольшого количества подъехавших к рубежу оплаты автомобилей, поскольку для рассматриваемой упрощённой модели принимается, что потоки транспорта идут равномерно, чего никогда не бывает в действительности, а потому при увеличении интенсивности движения очередь транспортных средств, рассчитываемая при помощи этой модели, будет неограниченно расти.

Тем не менее эта упрощённая модель позволяет произвести грубую оценку необходимого количества полос на рубеже оплаты для пропуска транспортных потоков при пиковых интенсивностях. В случае необходимости получения более точных значений рекомендуется использование следующих типов моделей:

- 1) *имитационная модель* с возможностью использования распределений вероятности для входных значений (как минимум интенсивности подъезжающего транспортного потока и времени обслуживания на полосе);
- 2) *транспортная микромодель* рубежа оплаты, которая также учитывает особенности района притяжения, в котором расположен конкретный рубеж оплаты.

4.5.2. Система взимания платы за проезд на общественном транспорте

Система взимания платы за проезд на общественном транспорте (СВП ПОТ) предназначена для сбора оплаты наличным или безналичным способом с пассажиров, пользующихся для передвижения по городу наземным городским пассажирским транспортом – автобусами, троллейбусами, трамваями и т. д. Эта система имеет свои особенности, обусловленные «традицией» сбора платы в подвижных единицах НГПТ, которая заключается в том, что

оплата проезда чаще всего осуществлялась наличными деньгами непосредственно водителю, а средства безналичной оплаты начали использоваться сравнительно недавно. Кроме того, массово используются так называемые «проездные», которые представляют собой купленную зачастую в других организациях, имеющих опосредованное отношение к перевозчику, возможность проезда на общественном транспорте разных модальностей либо в течение какого-то времени, либо на определённое количество поездок. Всё это накладывает определённые требования и ограничения на систему взимания платы за проезд на общественном транспорте.

Если рассматривать современные решения в области СВП для НГПТ, то в этом направлении сама система может быть разделена на два уровня:

- 1) периферийное оборудование и управляющие элементы в подвижных единицах НГПТ;
- 2) центральная подсистема управления.

Сегодня периферийное оборудование и управляющие элементы в подвижных единицах НГПТ представляют собой простые терминалы для бесконтактной оплаты при помощи ЭСО, чаще всего банковскими картами или муниципальными картами лояльности. Также могут встречаться варианты, когда вход в подвижные единицы НГПТ осуществляется через одну дверь (около водителя) и проход в салон возможен только после прикладывания того или иного варианта ЭСО к валидатору, который открывает турникет. Однако этот вариант менее эффективен с точки зрения экономии времени, поэтому в современных системах взимания платы с пассажиров НГПТ от него отказываются. Тем не менее оба варианта могут использоваться в том числе для подсчёта количества перевезённых пассажиров. К сожалению, прямых возможностей для построения матрицы корреспонденции по остановочным пунктам у этих методов нет.

Центральная подсистема управления СВП ПОТ представляет собой управляющую информационную систему, которая собирает информацию об осуществлённой оплате проезда в каждой подвижной единице НГПТ. Здесь производится функция биллинга оплаты, так как процессинг осуществляется напрямую на терминалах, располагаемых в салонах подвижных единиц НГПТ. Биллинг, в свою очередь, разделяется на осуществление расчётных операций, информационное обслуживание и финансовое обслуживание.

4.5.3. Единое парковочное пространство

Система управления единым парковочным пространством (ЕПП) предназначена для предоставления водителям транспортных средств удобного и безопасного сервиса для парковки автомобилей с взиманием платы за стоянку или без таковой.

Система реализует следующие функции:

- 1) управление работой парковок и периферийного оборудования;
- 2) отслеживание постоянных и однократных посещений;
- 3) ведение журнала о событиях на территории парковок;
- 4) расчёт суммы стоимости въезда и приём оплаты по наличному и безналичному расчёту;
- 5) ведение статистики посещаемости и финансовой отчётности;
- 6) подача сигнала тревоги;
- 7) осуществление функций по ограничению и упорядочиванию доступа на территорию парковочного пространства;
- 8) осуществление тарификации доступа;
- 9) разграничение транспортных потоков различных групп пользователей, включая как частных лиц и сотрудников, так и общественный транспорт и спецтранспорт;
- 10) запись и архивирование данных, полученных в ходе работы системы (включая видеоинформацию, номера автомобилей, время нахождения, тарифы).

В составе ЕПП на уровне периферийного оборудования обычно используются следующие устройства:

- 1) динамические информационные табло для информирования о наличии свободных мест;
- 2) видеокамеры для общего обзора в целях охраны парковочного пространства;
- 3) видеокамеры для распознавания номеров транспортных средств;
- 4) датчики занятости парковочных машиномест (при этом они могут быть устроены на любой технологии детектирования – магнитометры, ультразвуковые, видео и т. д.);
- 5) паркоматы;
- 6) шлагбаумы;
- 7) носимые терминалы для взимания платы или выписывания штрафов.

Всё периферийное оборудование на самом парковочном пространстве взаимодействует друг с другом и с центральной системой управления через локальный контроллер, выполняющий функцию местного агрегатора данных и локального вычислительного устройства (фактически аналог уровня СВП-1 в СВП ПОД). К этому же контроллеру может быть обеспечен доступ через точку Wi-Fi или другими беспроводными методами для подключения к нему носимых терминалов, а также носимых устройств пользователей или бортовых устройств автомобилей, в том числе и беспилотных. Впрочем, последние два типа устройств, скорее, работают напрямую с центральной системой управления через её веб-интерфейс или API соответственно.

4.5.4. Другие системы взимания платы

В составе СВП могут быть и другие подсистемы, в том числе обеспечивающие функционирование основных систем блока. В частности, к таким системам могут относиться:

- 1) *система взимания платы с определённых классов транспортных средств*. В некоторых случаях на территории определённых административных образований или в принципе на территории целого государства может вводиться система взимания платы за использование определённых классов транспортных средств. В качестве примера можно привести российскую систему «Платон» для взимания платы с грузовиков, имеющих разрешённую максимальную массу свыше 12 тонн. Обычно системы подобного класса внедряются на основе использования бортовых устройств, которые владельцы ставят в свои транспортные средства в соответствии с нормативными актами государства, а плата осуществляется за пройденное расстояние (например, по определённому тарифу за километр пробега);
- 2) *система коммерческого учёта деятельности таксопарков*. Как и подсистема коммерческого учёта предоставленных услуг, входящая в состав АСУ НГПТ блока «Организация и управление дорожным движением», в составе СВП может быть система коммерческого учёта деятельности таксопарков. Хотя, конечно же, вопрос о её включении в тот или иной блок остаётся на усмотрение проектировщика конкретной

ИТС. На примере этой системы и упомянутой подсистемы для коммерческого учёта общественного транспорта видно, что границы и соотношения автоматизированных и информационных систем в большей мере условны. Система коммерческого учёта деятельности таксопарков предназначена для сбора данных о том, какое количество транспортных услуг физическим и (или) юридическим лицам оказано таксопарками с финансовой точки зрения, при этом таксопарки могут быть как муниципальные, так и коммерческие, в том числе и на базе информационных агрегаторов (Uber и др.). Эта информация необходима для выработки единых сервисных и тарифных политик оказания услуг населению и предприятиям по организации транспортной работы при помощи такси;

- 3) *пневмопочта*. Пневмопочта предназначена для передачи документов и денежных средств из кабин операторов на ПВП и обратно. Пневмопочта обеспечивает следующую функциональность:
 - транспортировка наличных денежных средств из кабины оператора;
 - раздача размена кассирам (подготовка мелких купюр и монет для сдачи/забора бумажных денег из кабин оператора и для подачи разменных денег в кабины оператора);
 - оперативная переправка в кабины и из кабин оператора чековой ленты, выручки, документов по транзакциям с банком и других бумаг;
 - доставка расходных материалов (ленты, карточек оплаты);
 - контроль движения капсул на всех участках трубопровода (регистрация отправления, прохождения участков и прибытия);
 - контроль наличия капсул при от отправлении и прибытии;
 - ведение статистики отправок;
- 4) *модуль сейфового хранения и инкассации*. Модуль предназначен для автоматизации процессов сбора и инкассации наличных денежных средств. Модуль обеспечивает выполнение следующих функций:
 - пересчёта и проверки подлинности принимаемых от клиента купюр;

- получения информации о принятых денежных средствах в режиме реального времени;
 - обеспечения возможности автоматического зачисления принятых денежных средств на расчётный счёт;
 - мониторинга и удалённого управления устройствами самообслуживания;
 - обеспечения возможности приёма купюр пачкой и монет горстью;
 - идентификации пользователей и инкассаторов по паролю или по карте;
 - использования сейфов 1-го, 2-го или 3-го класса для хранения принятых денежных средств;
 - обеспечения возможности прямого подключения к банковским процессинговым центрам для проведения зачислений в режиме реального времени;
- 5) *модуль выдачи разменного фонда*. Модуль предназначается для автоматизации процесса подготовки операторов СВП к смене в части выдачи необходимого количества денежных средств для сдачи водителям транспортных средств. Модуль обеспечивает следующую функциональность:
- обеспечение бесперебойного функционирования аппаратов разменного фонда на ПВП;
 - мониторинг и удалённое управление аппаратами разменного фонда на ПВП;
 - обеспечение выдачи разменных наличных денег кассирам-операторам.

В случае необходимости использования какой-либо из этих систем в своём проекте вы можете написать запрос на адрес электронной почты roman.dushkin@gmail.com для получения дополнительной информации.

Вообще, системы взимания платы – это настолько широкая тема с огромным количеством нюансов, что несомненно требует отдельной книги для детальной проработки каждого аспекта функционирования. Когда-нибудь и такая книга будет написана.

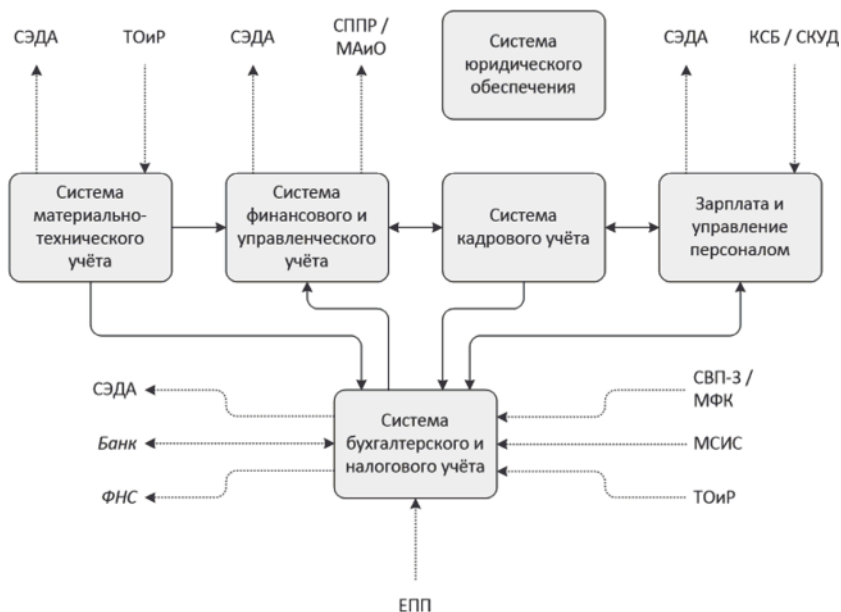
4.6. Блок «Финансовое управление»

Блок «Финансовое управление» по своей сути является взаимосвязанным набором информационных систем, управляющих раз-

личными аспектами обеспечивающей деятельности предприятия, которое осуществляет эксплуатацию ИТС. Фактически это набор модулей системы класса ERP (англ. *Enterprise Resource Planning* – планирование ресурсов предприятия). В состав этого блока можно включить следующие системы:

- 1) систему бухгалтерского и налогового учёта;
- 2) систему финансового и управленческого учёта;
- 3) систему материально-технического учёта;
- 4) систему «Зарплата и управление персоналом»;
- 5) систему кадрового учёта;
- 6) систему юридического обеспечения.

Диаграмма возможной интеграции систем блока «Финансовое управление» представлена на следующем рисунке.



Здесь пунктирными стрелками показаны интеграционные потоки между системами блока «Финансовое управление» и системами других блоков ИТС, а также внешними по отношению к ИТС системами (информационные системы банков и налоговой службы).

Далее в этом разделе каждая из перечисленных систем будет описана более подробно.

4.6.1. Система бухгалтерского и налогового учёта

Система бухгалтерского и налогового учёта предназначена для обеспечения требований государственного регулятора к ведению и предоставлению бухгалтерской и налоговой отчётности.

Система обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) ведение главной книги предприятия;
- 2) формирование бухгалтерской, налоговой и прочих видов финансовой отчётности;
- 3) взаимосвязь с банком.

Нижеследующая таблица описывает то, какие виды обеспечения необходимо детально прорабатывать для системы бухгалтерского и налогового учёта.

Вид обеспечения	Система бухгалтерского и налогового учёта
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование для системы, АРМ персонала. Может быть совмещено с другими системами блока «Финансовое управление»
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании и АРМ персонала соответственно
Информационное	Информация о бухгалтерских проводках предприятия, обслуживающего ИТС, и вся аналитическая информация, сопровождающая финансовые транзакции
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самой системы
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритм ведения главной книги предприятия
Методологическое	Методы бухгалтерского учёта
Методическое	Инструкции и методические рекомендации по ведению бухгалтерского учёта
Правовое	Правила ведения бухгалтерского учёта, регламентируемые государством
Юридическое	Ответственность бухгалтера за корректное ведение бухгалтерского учёта предприятия
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

Система бухгалтерского и налогового учёта интегрируется со следующими системами в составе ИТС и внешними по отношению к ней системами:

- 1) все системы блока «Финансовое управление» (кроме системы юридического обеспечения);
- 2) все системы ИТС, генерирующие входящий денежный поток (ФВФ, СВГК, ЕПП и др.), – монетизируемые системы;
- 3) системы ИТС из блока «Обеспечение» – МСИС, ТОиР и другие подобные системы, которые фиксируют работы различного типа, количество материалов и трудозатрат, потраченных на выполнение, какие-либо дополнительные аналитические данные;
- 4) внешние системы для обмена бухгалтерской информацией – банк, налоговая служба и т. д.

4.6.2. Система финансового и управленческого учёта

Назначение системы финансового и управленческого учёта заключается в предоставлении для руководства организации, которая обслуживает ИТС, инструментов для получения актуальной информации по финансам и операционной деятельности.

Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) финансовое планирование и учёт результатов деятельности;
- 2) ведение ключевых показателей эффективности;
- 3) учёт и анализ производственных затрат.

В следующей таблице представлена информация о том, какие виды обеспечения необходимо детально прорабатывать для системы финансового и управленческого учёта.

Вид обеспечения	Система финансового и управленческого учёта
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование для системы, АРМ персонала. Может быть совмещено с другими системами блока «Финансовое управление»
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании и АРМ персонала соответственно
Информационное	Информация о доходах и расходах предприятия, обслуживающего ИТС, и вся аналитическая информация, сопровождающая финансовые транзакции
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самой системы
Метрологическое	–

Вид обеспечения	Система финансового и управленческого учёта
Математическое	Алгоритмы построения финансовой и управленческой отчётности, а также алгоритмы прогнозирования финансовых и управленческих показателей
Методологическое	Методы расчёта ключевых показателей деятельности
Методическое	Инструкции и методические рекомендации по применению ключевых показателей деятельности
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

Система финансового и управленческого учёта интегрируется со следующими системами в составе ИТС:

- 1) системой материально-технического учёта;
- 2) системой кадрового учёта;
- 3) системой бухгалтерского и налогового учёта;
- 4) системой электронного документооборота и архива;
- 5) системой поддержки принятия решений.

4.6.3. Система материально-технического учёта

Система материально-технического учёта предназначена для организации обращения и использования средств труда, основных и оборотных фондов организации-оператора ИТС (материалов, сырья, оборудования, инструмента, ГСМ и др.), а также отвечает за их распределение по структурным подразделениям, бизнес-единицам и потребление в производственном процессе.

Система обеспечивает выполнение следующей функциональности:

- 1) планирование потребности в материальных ресурсах;
- 2) заготовительная функция: ведение оперативно-заготовительных работ в соответствии с планами потребностей, контроль процесса заключения договоров, обработка всех «ошибок» производства;
- 3) складирование, хранение заготовленного сырья и материалов, а также разработка указаний, принципов и инструкций, в соответствии с которыми хранение и использование запасов должны осуществляться;

- 4) материально-техническое снабжение служб необходимым сырьём и материалами;
- 5) осуществление учета и строгого контроля над выдачей сырья и материалов производству;
- 6) обеспечение хранения, обработки и передачи сырья и материалов потребителям по заявкам.

В следующей таблице представлена информация о том, какие виды обеспечения необходимо детально прорабатывать для системы материально-технического учёта.

Вид обеспечения	Система материально-технического учёта
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование для системы, АРМ персонала. Может быть совмещено с другими системами блока «Финансовое управление»
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании и АРМ персонала соответственно
Информационное	Информация о закупках предприятия, обслуживающего ИТС
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самой системы
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы построения отчётности о движении материальных средств
Методологическое	Методы расчёта ключевых показателей эффективности управления материальными активами и пассивами
Методическое	Инструкции и методические рекомендации по применению ключевых показателей эффективности для управления материально-техническим снабжением
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

Система материально-технического учёта интегрируется со следующими системами в составе ИТС:

- 1) системой бухгалтерского и налогового учёта;
- 2) системой финансового и управленческого учёта;
- 3) системой электронного документооборота и архива;
- 4) системой технического обслуживания и ремонта оборудования.

4.6.4. Система «Зарплата и управление персоналом»

Система «Зарплата и управление персоналом» предназначена для обеспечения требований государственного регулятора к ведению кадрового учёта.

Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) выполнение требований государственного регулятора к ведению кадрового учёта;
- 2) управление персоналом и организационной структурой предприятия, занимающегося эксплуатацией ИТС.

В следующей таблице представлена информация о том, какие виды обеспечения необходимо детально прорабатывать для системы «Зарплата и управление персоналом».

Вид обеспечения	Система «Зарплата и управление персоналом»
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование для системы, АРМ персонала. Может быть совмещено с другими системами блока «Финансовое управление»
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании и АРМ персонала соответственно
Информационное	Информация о зарплате персонала, обслуживающего ИТС
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самой системы
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы построения отчётности о выдаче зарплаты и отчислении налогов
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

Система «Зарплата и управление персоналом» интегрируется со следующими системами в составе ИТС:

- 1) системой бухгалтерского и налогового учёта;
- 2) системой кадрового учёта;
- 3) системой электронного документооборота и архива;
- 4) системой контроля и управления доступом.

4.6.5. Другие системы блока «Финансовое управление»

В составе блока «Финансовое управление» могут быть и другие системы, часть которых даже показана на диаграмме в начале этого раздела. В том числе:

- 1) *система кадрового учёта*. Система предназначена для ведения кадровой информации, штатной и организационной структуры предприятия. Может интегрироваться со всеми системами блока, а также передавать в единую интеграционную платформу информацию об актуальной организационной структуре предприятия, эксплуатирующего ИТС, и всех его сотрудников;
- 2) *система юридического обеспечения*. Система предназначена для предоставления сотрудникам актуальной информационно-справочной информации по корпусу нормативных правовых актов. Обычно представляет собой обособленную систему обеспечивающего характера;
- 3) любые другие информационные и автоматизированные системы, которые по своей сути и функциональности могут входить в этот блок.

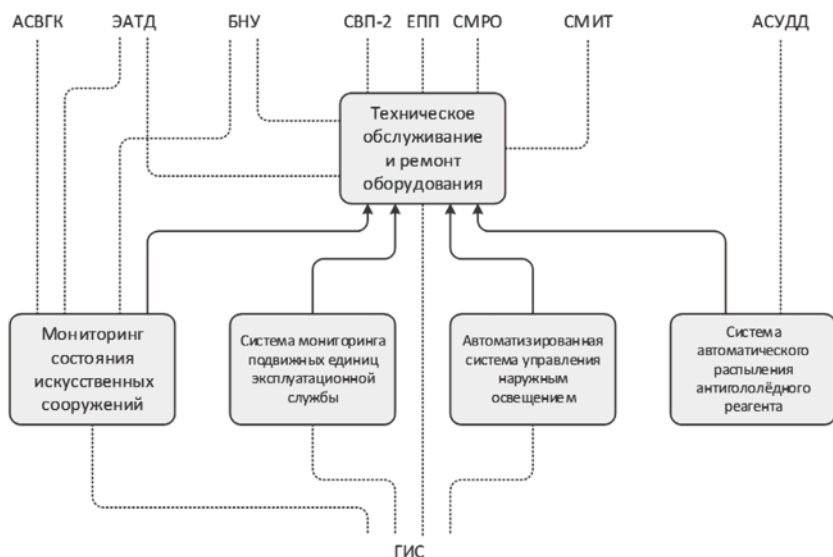
4.7. Блок «Эксплуатация»

Блок автоматизированных и информационных систем «Эксплуатация» предназначен для предоставления инструментов и средств автоматизации для процессов эксплуатации улично-дорожной сети, автомобильных дорог, установленного на них технологического оборудования и прочей придорожной инфраструктуры. В состав этого блока можно включить следующие системы:

- 1) систему «Мониторинг состояния искусственных сооружений»;
- 2) систему «Техническое обслуживание и ремонт оборудования»;
- 3) автоматизированную систему управления наружным освещением;
- 4) систему автоматического распыления антигололёдного реагента;

- 5) систему мониторинга подвижных единиц эксплуатационной службы;
- 6) автоматизированную систему технического/коммерческого учёта электроэнергии.

Диаграмма возможной интеграции систем блока «Финансовое управление» представлена на следующем рисунке.



Здесь пунктирными стрелками показаны интеграционные потоки между системами блока «Эксплуатация» и системами других блоков ИТС, а также внешними по отношению к ИТС системами (информационные системы банков и налоговой службы).

Далее в этом разделе каждая из перечисленных систем будет описана более подробно.

4.7.1. Система «Мониторинг состояния искусственных сооружений»

Система «Мониторинг состояния искусственных сооружений» (МСИС) предназначена для автоматического постоянного и автоматизированного периодического мониторинга состояния искусственных сооружений с целью планирования их ремонтов и капитальных ремонтов.

Система МСИС обеспечивает автоматизацию процесса технического контроля состояния, сбора и учета данных о техническом состоянии инженерных сооружений в целом и их конструктивных элементов в отдельности, управления работами, а также контроля бюджета на обслуживание инфраструктуры ИТС в части искусственных сооружений.

Принцип, на котором основана прямая функция системы, заключается в непрерывном неинвазивном мониторинге некоторых параметров, по которым можно косвенно заключить о состоянии искусственного сооружения. Это могут быть непосредственно датчики на сваях или вантах мостов, датчики на разрыв на подвесных сооружениях и т. д. Однако это также могут быть периодические объезды искусственных сооружений со специальным мобильным комплексом мониторинга, который базируется на использовании интеллектуального видеонаблюдения. Результаты мониторинга сгружаются в базу данных, на основании чего делаются отчёты о состоянии искусственных сооружений и прогнозы по его развитию.

Система обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) технический учёт дорожно-мостовых работ и контроль исполнительной документации;
- 2) формирование и хранение базовых данных;
- 3) заполнение форм, хранение и анализ состояния инженерных сооружений и зданий;
- 4) формирование, хранение и анализ документации по искусственным сооружениям;
- 5) формирование, хранение и анализ экономических показателей;
- 6) управление деятельностью обеспечивающих подразделений и взаимодействующих организаций, в том числе:
 - планирование работ;
 - бюджетирование;
 - приоритетность работ;
 - определение последующих мероприятий, обеспечивающих дальнейшую эксплуатацию искусственных сооружений и элементов инфраструктуры ИТС экономически эффективным образом;
- 7) архивирование отчётных материалов по произведённым мероприятиям;
- 8) формирование отчётов по заданным форматам.

В следующей таблице представлена информация о том, какие виды обеспечения необходимо детально прорабатывать для системы «Мониторинг состояния искусственных сооружений».

Вид обеспечения	Система «Мониторинг состояния искусственных сооружений»
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование для системы; АРМ персонала; периферийное оборудование системы и сети связи для него, в том числе коммутирующее оборудование; технические средства мобильного контроля
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании и АРМ персонала соответственно; встроенное программное обеспечение для периферийного оборудования
Информационное	Информация, получаемая от периферийного оборудования системы
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самой системы
Метрологическое	Датчики в составе периферийного оборудования системы, контролирующие состояние несущих конструкций в составе искусственных сооружений
Математическое	Алгоритмы мониторинга состояния искусственных сооружений и планирования ремонтов для них
Методологическое	Описание методов объективного контроля состояния искусственных сооружений, реализуемых системой
Методическое	Методические рекомендации по использованию системы для мониторинга состояния искусственных сооружений и планирования ремонтов и капитальных ремонтов для них
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

Система «Мониторинг состояния искусственных сооружений» интегрируется со следующими системами в составе ИТС:

- 1) системой «Техническое обслуживание и ремонт оборудования»;
- 2) геоинформационной системой;
- 3) автоматизированной системой весогабаритного контроля;
- 4) системой электронного архива технической документации;
- 5) системой бухгалтерского и налогового учёта.

4.7.2. Система «Техническое обслуживание и ремонт оборудования»

Система «Техническое обслуживание и ремонт оборудования» (ТОиР) предназначена для управления сервисом внутренней технической поддержки по ремонту технологического оборудования всех систем ИТС, в которых такое оборудование присутствует. Фактически это все системы и подсистемы ИТС любого из блоков, у которых имеется аппаратно-техническое и (или) программное обеспечение.

Система ТОиР обеспечивает поддержку процесса технического обслуживания, планового и оперативного ремонта производственного и технологического оборудования и инструментов в течение всего производственного процесса обслуживания систем и подсистем ИТС.

Кроме того, система ТОиР предназначена для уменьшения количества простоев из-за аварий, уменьшения количества внеплановых ремонтов, сокращения расходов на проведение ТОиР, сокращения складских запасов запасных частей и материалов и уменьшения влияния человеческого фактора при организации и проведении ТОиР.

Система обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) ведение номенклатурного перечня объектов эксплуатации;
- 2) ведение иерархических структур (структура оборудования, штатная структура, иерархия типов и др.);
- 3) построение графиков планово-предупредительных ремонтов для объектов эксплуатации;
- 4) предоставление объективной информации о техническом состоянии объектов эксплуатации;
- 5) формирование потребности в товарно-материальных ценностях под запланированные работы;
- 6) предоставление информации о ходе выполнения работ по ТОиР (отслеживание статусов, сроков, отметка выполнения работы);
- 7) формирование и печать первичных документов;
- 8) формирование аналитических отчётов.

Следующая таблица демонстрирует информацию о том, на какие виды обеспечения требуется обратить пристальное внимание при проектировании системы «Техническое обслуживание и ремонт оборудования».

Вид обеспечения	Система «Техническое обслуживание и ремонт оборудования»
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование для системы и АРМ персонала
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании и АРМ персонала соответственно
Информационное	Информация, получаемая от смежных систем ИТС
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самой системы
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы планирования для составления планов по ремонтам оборудования
Методологическое	Описание методов планирования планово-предупредительных ремонтов для технологического оборудования ИТС
Методическое	Методические рекомендации по использованию системы для планирования планово-предупредительных ремонтов технологического оборудования ИТС
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

С системой ТОиР интегрируются практически все системы и подсистемы ИТС, в которых присутствует то или иное технологическое, серверное, коммутационное или офисное оборудование, которое находится на контроле своего состояния в рамках процессов технического обслуживания. Вместе с тем имеются и другие системы, с которыми система ТОиР интегрируется для иных целей:

- 1) все системы и подсистемы ИТС, в которых имеется технологическое оборудование и существует возможность автоматического контроля его состояния и передачи информации об этом в систему ТОиР;
- 2) система бухгалтерского и налогового учёта – для оформления проводок об исполненных ремонтах или техническом обслуживании оборудования;
- 3) система электронного архива технической документации – для получения документации на то или иное оборудование, состояние которого мониторится в системе ТОиР.

Если в какой-либо системе или подсистеме ИТС имеется технологическое оборудование, однако нет возможности автомати-

ческого контроля его состояния и передачи информации о нём в систему ТООР, то такие контроль и передача осуществляются в ручном режиме при помощи каких-либо средств коммуникации между сотрудниками (телефон, электронная почта и др.).

4.7.3. Автоматизированная система управления наружным освещением

Автоматизированная система управления наружным освещением (АСУНО) предназначена для своевременного включения и отключения наружного освещения улично-дорожной сети или автомобильных дорог с целью обеспечения энергоэффективности и видимости для водителей транспортных средств в условиях сниженной видимости и плохих дорожных условий.

Обычно в населённых пунктах АСУНО не включается в состав ИТС, а входит в систему управления энергетикой населённого пункта или, на крайний случай, АСУ ЖКХ. Однако для автомобильных магистралей резонно включать АСУНО именно в состав ИТС, тем более что она может интегрироваться с системами из блока «Организация и управление дорожным движением», не говоря уже о системе ТООР и системе бухгалтерского и налогового учёта. В любом случае, освещённость автомобильных дорог влияет на безопасность и качество дорожного движения, поэтому управление освещённостью – это функция, которую *можно* передавать в состав ИТС даже в случае населённого пункта. Поэтому в данной книге вполне резонно кратко рассмотреть и эту систему.

Режимы управления наружным освещением могут быть следующими:

- 1) *по календарю* – наиболее часто используемый режим управления. При пусконаладке системы осуществляется разработка таблицы для заданной широты местности, где работает система, в которой для каждого дня года записано местное время, когда включать и выключать наружное освещение;
- 2) *по датчику освещённости* – режим управления, при котором наружное освещение включается автоматически при снижении уровня общей освещённости окружающей среды ниже определённого порогового значения. Выключение наружного освещения происходит при возвращении уров-

ня освещённости окружающей среды в установочный интервал. Этот вариант должен быть защищён от колебаний уровня освещённости около порогового значения, и, кроме того, датчики освещённости должны быть защищены от пыли и грязи;

- 3) *по команде оператора* – устаревший, но всё ещё иногда используемый режим, когда решение о включении принимает оператор на основании прописанных должностных инструкций и правил определения времени включения и выключения наружного освещения;
- 4) *смешанный режим* – используются все три перечисленных ранее режима, в том числе и ручной режим, когда оператор в любой момент может вмешаться в автоматическое функционирование системы.

АСУНО обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) управление наружным освещением дорожной инфраструктуры ИТС;
- 2) получение сигналов от центральной системы управления на включение и выключение наружного освещения по расписанию;
- 3) получение сигналов управления группами наружного освещения от центральной системы управления;
- 4) передача информации о рабочем состоянии (статус светильников и контрольных групп) в центральную систему управления.

В следующей таблице показана информация о том, какие виды обеспечения необходимо описать при проектировании автоматизированной системы управления наружным освещением.

Вид обеспечения	Автоматизированная система управления наружным освещением
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование для системы, АРМ персонала, шкафы управления наружным освещением (ШУНО), датчики и контрольные приборы на лучах освещения
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение, располагающееся на серверном оборудовании и АРМ персонала соответственно, а также встроенное программное обеспечение в ШУНО
Информационное	Информация, получаемая от ШУНО, а также информация, передаваемая между системами в процессе межсистемного информационного обмена

Вид обеспечения	Автоматизированная система управления наружным освещением
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения, а также персонал самой системы
Метрологическое	Датчики освещённости (если используются)
Математическое	Алгоритмы управления наружным освещением
Методологическое	Описание методов управления наружным освещением в зависимости от внешних условий
Методическое	–
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы информации, протоколы информационного обмена, язык графического интерфейса пользователя программного обеспечения на АРМ персонала

Современные осветительные приборы позволяют диммировать освещение, то есть изменять уровень освещённости от уровня подаваемого на них напряжения. АСУНО должна иметь возможность пользоваться этим для более качественного выполнения своих основных функций. В частности, диммирование может использоваться как для энергосбережения, так и для гибкого управления уровнем освещённости в зависимости от различных ситуаций на улично-дорожной сети или автомобильной дороге. В частности:

- 1) АСУНО может получать информацию от АСУДД в части интенсивности дорожного движения на отдельных участках автомобильных дорог и снижать уровень освещённости там, где нет автомобильного трафика;
- 2) АСУНО может получать информацию от АСУДД в части погодных условий и снижать уровень освещённости при таких погодных явлениях, как туман или морось;
- 3) могут иметься любые иные внешние факторы, по которым можно использовать диммирование освещённости в АСУНО.

АСУНО интегрируется со следующими системами из состава ИТС:

- 1) системой ТОиР – передача в неё информации о работе периферийного оборудования АСУНО и ШУНО;
- 2) различными подсистемами АСУДД – получение информации о дорожном движении и состоянии окружающей среды для принятия решений об уровне освещённости;
- 3) АСТУЭ – передача информации о затраченной на освещение мощности;

- 4) ГИС – получение геоподложки для отображения мнемосхемы периферийного оборудования АСУНО на карте.

4.7.4. Система автоматического распыления антигололёдного реагента

Система автоматического распыления антигололёдного реагента предназначена для обеспечения безопасного движения на искусственных сооружениях, подверженных обледенению, путём распыления на поверхности проезжей части заготовленным заранее водно-солевым раствором при возникновении риска обледенения.

Система состоит из датчиков обледенения и исполнительной части, в состав которой входит бак с водно-солевым раствором и форсунки, управляемые местным контроллером. Система также может получать сигнал на запуск режима обработки поверхности проезжей части от других систем и подсистем ИТС, в первую очередь от подсистемы метеомониторинга АСУДД.

Система автоматического распыления антигололёдного реагента обеспечивает следующую функциональность:

- 1) сбор данных с АДМС о метеоусловиях;
- 2) принятие решения об обработке дороги;
- 3) автоматическое разбрызгивание реагентов на автомобильной дороге;
- 4) ручной и (или) автоматический режим управления.

В следующей таблице представлена информация о том, какие виды обеспечения необходимо детально прорабатывать для системы автоматического распыления антигололёдного реагента.

Вид обеспечения	Система автоматического распыления антигололёдного реагента
Аппаратно-техническое	Периферийное оборудование системы – контроллер, датчики обледенения, форсунки и бак с водно-солевым раствором
Программное	Встроенное ПО контроллера
Информационное	Информация, получаемая от АСУДД или центральной платформы ИТС для принятия решения о распылении водно-солевого раствора
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения
Метрологическое	Датчики обледенения
Математическое	Алгоритмы принятия решения о пуске противогололёдной обработки
Методологическое	–

Вид обеспечения	Система автоматического распыления антигололёдного реагента
Методическое	–
Правовое	–
Юридическое	Нормативные правовые акты, регулирующие разбор ДТП, произошедших в условиях гололёда после обработки поверхности проезжей части водно-солевым раствором в автоматическом режиме
Лингвистическое	Форматы обмена информацией

Система автоматического распыления антигололёдного реагента может интегрироваться с системой ТОиР и с подсистемой экологического и метеомониторинга АСУДД.

4.7.5. Система мониторинга подвижных единиц эксплуатационной службы

Система мониторинга подвижных единиц эксплуатационной службы предназначена для отслеживания географического местоположения и состояния подвижных единиц сервисных служб организации, которая занимается обслуживанием ИТС. К таким сервисным службам могут относиться аварийные комиссары, уборочная техника, служба технической поддержки и т. д.

Система мониторинга подвижных единиц эксплуатационной службы обеспечивает следующую функциональность:

- 1) сбор информации по маршрутам, соблюдению графиков, учёту рейсов, контролю скорости и количества топлива, событиям на борту;
- 2) оптимизация маршрутов следования, диспетчеризация, контроль выполнения задач;
- 3) контроль в режиме реального времени передвижения и состояния транспорта и грузов;
- 4) оперативное реагирование на нештатную ситуацию, обеспечение безопасности автотранспорта, водителя и грузов.

По своей сути эта система представляет собой аналог подсистемы диспетчерского управления подвижными единицами НГПТ из состава АСУ НГПТ с элементами подсистемы контроля состояния подвижных единиц НГПТ той же АСУ, поэтому для получения информации о необходимых видах обеспечения, которые нужно прорабатывать для этой системы, читатель отправляется к двум перечисленным подсистемам АСУ НГПТ.

4.7.6. Автоматизированная система технического/коммерческого учёта электроэнергии

Автоматизированная система технического/коммерческого учёта электроэнергии предназначена для учёта потреблённой электроэнергии и повышения энергоэффективности деятельности организации, обслуживающей ИТС.

Система обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) автоматический сбор данных технического и коммерческого учёта потребления (отпуска) электроэнергии по каждой точке (группе) учёта на заданных коммерческих интервалах;
- 2) хранение параметров учёта;
- 3) обеспечение многотарифного учёта потребления электроэнергии;
- 4) обеспечение контроля за соблюдением лимитов энергопотребления;
- 5) сведение баланса электроэнергии по расчётной группе на этапе наладки подсистемы и в процессе её эксплуатации.

В следующей таблице приведены сведения обо всех видах обеспечения, которые требуется описывать при проектировании автоматизированной системы технического/коммерческого учёта электроэнергии.

Вид обеспечения	Автоматизированная система технического/коммерческого учёта электроэнергии
Аппаратно-техническое	Счётчики учёта потребления электроэнергии, линии связи, коммутационное и серверное оборудование в центре управления (может быть совмещено с другими системами), АРМ операторов
Программное	Серверное и прикладное программное обеспечение на серверном оборудовании и АРМ операторов соответственно
Информационное	Информация, передаваемая из счётчиков учёта потребления электроэнергии
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание системы, а также персонал самой системы
Метрологическое	Счётчики учёта потребления электроэнергии
Математическое	Алгоритмы расчёта потреблённой электроэнергии и её стоимости, в том числе с учётом использования нескольких тарифов
Методологическое	–
Методическое	Должностные инструкции персонала и регламенты по ремонту, эксплуатационная документация на периферийное оборудование системы
Правовое	–

Вид обеспечения	Автоматизированная система технического/коммерческого учёта электроэнергии
Юридическое	–
Лингвистическое	Протоколы передачи информации из счётчиков учёта потребления электроэнергии

Автоматизированная система технического/коммерческого учёта электроэнергии может быть интегрирована с системой ТОиР и системой бухгалтерского и налогового учёта.

4.9. Блок «Сервис для пользователей»

Блок «Сервис для пользователей» предназначен для повышения качества обслуживания водителей транспортных средств и пассажиров при помощи предоставления им дополнительных сервисов разнообразного характера. В состав этого блока можно включить следующие системы:

- 1) веб-портал для пользователей автомобильных дорог;
- 2) мобильное приложение для пользователей автомобильных дорог;
- 3) наземная инфраструктура ГЛОНАСС/GPS;
- 4) наземная инфраструктура сетей сотовой связи;
- 5) система обеспечения связи Wi-Fi;
- 6) система передачи информационных сообщений по радио;
- 7) система распространения продукции.

Интеграция систем этого блока обычно осуществляется по принципу «точка–точка» (хотя, возможно, что и через интеграционную платформу), а из-за особенной гетерогенности систем отрисовка общей диаграммы интеграции блока нецелесообразна. Поэтому информация об интеграции будет даваться при описании каждой конкретной системы.

4.9.1. Веб-портал для пользователей автомобильных дорог

Веб-портал для пользователей автомобильных дорог предназначен для информирования водителей и пассажиров о произвольных аспектах деятельности и функционирования ИТС посредством размещения информации в сети Интернет.

Веб-портал для пользователей автомобильных дорог выполняет следующие функции:

- 1) отображение в сети Интернет на подготовленных веб-страницах статических и динамических данных о дорожно-транспортной ситуации и её развитии на улично-дорожной сети или сети автомобильных дорог, находящихся под управлением ИТС;
- 2) выдачу картографической информации о дорожной обстановке, а также информации в табличном виде;
- 3) выдачу архивной, статистической и прогностической информации о дорожной обстановке на улично-дорожной сети или сети автомобильных дорог, находящихся под управлением ИТС;
- 4) предоставление информации о планах по перекрытию или сужению проезжей части на автомобильных дорогах.

В следующей таблице приведены сведения обо всех видах обеспечения, которые требуется описывать при проектировании веб-портала для пользователей автомобильных дорог.

Вид обеспечения	Веб-портал для пользователей автомобильных дорог
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование, на котором располагается серверная часть веб-портала
Программное	Программное обеспечение серверной части веб-портала
Информационное	Информация в базе данных серверной части веб-портала
Организационное	Персонал, функциональными обязанностями которого является обслуживание серверной части веб-портала
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Протоколы обмена информацией и язык графического интерфейса пользователя на веб-портале

Для веб-портала может быть осуществлена интеграция практически со всеми системами и подсистемами ИТС, однако для пользователей, конечно, интерес представляют только системы, которые генерируют информацию, полезную для пользователей автомобильных дорог. В первую очередь это системы блока «Организация и управление дорожным движением» и блока «Взимание платы». Из

систем этих блоков на веб-портал передаётся информация, которая была бы полезна водителям и пассажирам транспортных средств:

- 1) текущая и прогнозная дорожная обстановка на улично-дорожной сети и автомобильных дорогах;
- 2) текущая и прогнозная метеообстановка и экологические параметры;
- 3) инциденты (ДТП, перекрытия, ограничения движения) и возможные маршруты объезда;
- 4) маршруты, расписание и местонахождение подвижных единиц НППТ;
- 5) тарифы СВП и информация и о том, как использовать ЭСО, заключить договор и т. д.

Самой собой разумеется, что это не исчерпывающий список, и при проектировании конкретной ИТС наполняемость веб-портала информацией из различных систем и подсистем ИТС должна осуществляться в соответствии с целями ИТС и потребностями пользователей.

4.9.2. Мобильное приложение для пользователей автомобильных дорог

Мобильное приложение для пользователей автомобильных дорог обычно представляет собой адаптированную под мобильное устройство версию веб-портала, выполненную в виде отдельного приложения. Это значит, что мобильное приложение ИТС выполняет все те же функции, что и веб-портал, только не при помощи браузера, а в своём собственном графическом интерфейсе пользователя. Единственное важное отличие мобильного приложения – адаптированность внешнего вида под конкретный размер экрана мобильного устройства и возможность взаимодействия с пользователем через тачскрин, а не посредством клавиатуры и мыши.

Кроме того, мобильное приложение может быть выполнено в виде чат-бота различной степени интеллектуальности, доступного в мессенджере, который конкретный пользователь использует преимущественно. Такой чат-бот может быть или формализованным на диалоговом сценарии, или использовать принципы понимания смысла фраз на естественном языке, обращённых к нему со стороны пользователя. Последняя технология имеет большие перспективы для применения, в том числе в областях, где пользователи слабо знакомы с современными информационно-коммуникационными технологиями.

В следующей таблице приводятся достоинства и недостатки двух технологий: интеллектуального чат-бота и мобильного приложения.

	Достоинства	Недостатки
Интеллектуальный чат-бот	• Клиенту нет надобности скачивать и устанавливать специальное приложение (это особенно критично в условиях ограниченного доступа в интернет), достаточно просто подключить бота в своём любимом мессенджере • Человеко-компьютерное взаимодействие может производиться как на формализованном языке, так и при помощи ограниченного естественного языка • Чат-бот разгружает службу технической поддержки, выступая первым рубежом общения • Чат-бот может обучаться «на лету», выступая фасадом для супервайзера в сложных ситуациях, когда запрос клиента не может быть обработан автоматически. Это значит, что при помощи чат-бота можно решать произвольные вопросы, которые изначально не встроены в его базу знаний • Бэкенд чат-бота пишется один раз и не зависит от мобильной платформы, которую использует клиент • Чат-бот может выступать активным актором взаимодействия, направляя клиенту сообщения в чат тогда, когда у провайдера услуг есть какие-либо причины привлечь внимание клиентов (например, запуск маркетинговой акции) • Чат-бот может общаться на стольких языках, сколько нужно для охвата целевой аудитории. Локализация обычно производится стандартными унифицированными методами	• Графический интерфейс не зависит от разработчика, а предоставляется мессенджером, поэтому нет возможности сделать что-то визуально уникальное • Чат-бот должен иметь шлюзы во все часто используемые мессенджеры, позволяющие использовать ботов и предлагающие разработчикам API

	Достоинства	Недостатки
Мобильное приложение	• Провайдер услуг может сделать свой собственный (неповторимый) дизайн приложения, подчёркивающий услуги провайдера и оказывающий дополнительное маркетинговое воздействие	• Необходимо писать мобильные приложения для всех часто используемых мобильных платформ (как минимум две, чаще всего три) • Мобильное приложение необходимо скачивать и устанавливать, что часто очень неудобно, особенно если есть необходимость использовать его однократно (пример: приехал в отель за границей, хочешь получить электронные услуги именно этого отеля – надо искать приложение, устанавливать, разбираться в нём; в противоположность этому можно открыть тот же Телеграмм, найти бота отеля, запросить у него всё необходимое) • Мобильное приложение пассивно (ограниченную активность можно сделать при помощи PUSH-уведомлений) – оно работает только тогда, когда клиент его запустит

4.9.3. Наземная инфраструктура GPS/ГЛОНАСС

Наземная инфраструктура GPS/ГЛОНАСС предназначена для обеспечения точности геолокации транспортных средств на автомобильной дороге. Этот компонент блока «Сервис для пользователей» обеспечивает следующую функциональность:

- 1) сбор данных позиционирования со спутников;
- 2) хранение данных позиционирования;
- 3) организацию доступа пользователей к информации;
- 4) мониторинг работы оборудования;
- 5) обработку данных позиционирования.

Фактически это дополнительные передатчики для геопозиционирования, которые размещены на определённых точках на местности и обеспечивают повышенную точность геопозиционирования там, где приём сигналов со спутников затруднён ввиду разных причин. Эта система может потребоваться для организации движения подключённых высокоавтоматизированных транспортных средств, которым требуется высочайшая степень точности в геопозиционировании.

4.9.4. Наземная инфраструктура сетей сотовой связи

Наземная инфраструктура сетей сотовой связи предназначена для обеспечения повышенного уровня доступности сотовой связи для водителей и пассажиров транспортных средств, а также всех подключённых через сотовую сеть устройств, располагающихся на или перемещающихся по улично-дорожной сети. Этот компонент блока «Сервис для пользователей» обеспечивает следующую функциональность:

- 1) повышение пропускной способности каналов сотовой связи;
- 2) повышение эффективности использования и оптимизация полосы пропускания;
- 3) агрегацию и оптимизацию 2G/3G/4G-трафика;
- 4) использование технологии голосовой компрессии;
- 5) снижение нагрузки трафика данных на транспортную сеть и более эффективное использование сетевых ресурсов;
- 6) развёртывание сети радиодоступа 3G (RAN);
- 7) применение в районах с низкой загрузкой технологии EDGE (2.5G) и роуминга между 3G и 2G базовыми станциями;
- 8) повышение эффективности используемых каналов до базовой станции (BTS);
- 9) оптимизацию и пакетирование трафика;
- 10) мультиплексирование и передачу трафика от нескольких базовых станций через один спутниковый IP-канал (IP-RAN);
- 11) мониторинг каждого интерфейса в режиме реального времени с графической визуализацией различных типов трафика (сигнализация, голос, данные) и анализ производительности;
- 12) контроль качества предоставляемого сервиса через канал связи и осуществление его настройки для достижения оптимального сочетания стоимости и эффективности использования;
- 13) обеспечение радиодоступа к фиксированным сетям и объединённые режимы работы «фиксированный/мобильный».

Важным нюансом является то, что эта система позволяет повысить точность сбора и передачи данных от любых акторов на улично-дорожной сети и автомобильных дорогах межмуници-

пального или регионального значения, которые связаны с ИТС, так что она направлена не только на повышение качества обслуживания пользователей, но и на стабилизацию работы самой ИТС в условиях, когда обычная связь недоступна и доступ необходимо организовывать через сотовую сеть.

4.9.5. Система обеспечения связи Wi-Fi

Система обеспечения связи Wi-Fi предназначена для предоставления пользователям автомобильных дорог доступа в сеть Интернет через беспроводную связь. Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) глобальный доступ к сети Интернет;
- 2) сбор и анализ данных о состоянии радиосреды и последующего устранения влияния помех;
- 3) контроль состояния радиосреды;
- 4) выявление радиопомех;
- 5) обнаружение источников радиопомех, определение их местоположения на карте и автоматическую перенастройку сетевого оборудования для оптимизации зоны покрытия беспроводной сети Wi-Fi (подстройка частотных каналов Wi-Fi и мощностей излучения);
- 6) предоставление доступа к хронологической информации и информации реального времени об устройствах и оборудовании, расположенных в любой точке беспроводной сети;
- 7) выявление наличия источников интерференции и их степени опасности, определение их местоположения на карте покрытия, хранение истории их активности с учетом информации о перемещении;
- 8) возможность локации, хранения и анализа информации по источникам интерференции;
- 9) репликацию мультикаст-юникаст непосредственно на точках доступа Wi-Fi, за которыми есть подписчики.

Эта система, как и предыдущая, также направлена на повышение качества связи для всех устройств и акторов, входящих в контур ИТС. Более того, обе эти системы являются поставщиком «больших данных» для АСТИ из блока «Организация и управление дорожным движением».

4.9.6. Система передачи информационных сообщений по радио

Система передачи информационных сообщений по радио предназначена для предупреждения и оповещения водителей транспортных средств о ситуации на автомобильной дороге через радиоканалы.

4.9.7. Система распространения продукции

Система распространения продукции предназначена для распространения среди пользователей автомобильных дорог различной продукции – топливных карт для заправки на АЗС, транспондеров, сувениров и т. д. Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) продажу релевантной для пользователей автомобильных дорог продукции;
- 2) организацию обратной связи для планирования производственной и сбытовой деятельности;
- 3) контроль за осуществлением гарантийного обслуживания.

4.10. Блок «Комплексная безопасность»

Блок «Комплексная безопасность» предназначен для обеспечения безопасности труда персонала организации, обеспечивает функционирование ИТС, а также информационную безопасность самой ИТС и всех её систем и подсистем.

Обычно системы этого блока создаются в рамках проектирования строительных объектов (то, что касается физической безопасности) или информационных систем (вопросы информационной безопасности), поэтому сводные таблицы по видам обеспечения приводиться не будут. С точки зрения интеграции эти системы обычно работают обособленно, поэтому информация об интеграции тоже не приводится.

4.10.1. Система контроля и управления доступом

Система контроля и управления доступом предназначена для разграничения физического доступа на объекты организации, обслуживающей ИТС, для сотрудников, гостей и пользователей автомобильных дорог.

Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) автоматизацию пропускного режима в организации;
- 2) сбор, учёт, хранение данных об уровнях допуска и предоставляемых доступах;
- 3) передачу в системы (подсистемы) ИТС данных об уровнях допуска персонала;
- 4) идентификацию лиц;
- 5) контроль и учёт рабочего времени;
- 6) взаимодействие с блоком «Финансовое управление» для обеспечения управления учётом рабочего времени.

4.10.2. Система охранного теленаблюдения

Система охранного теленаблюдения предназначена для визуального наблюдения за оперативной обстановкой на объектах инфраструктуры ИТС и организации, обслуживающей её.

Система предоставляет следующую функциональность:

- 1) обеспечение охранного телевидения;
- 2) сигнализацию ситуаций несанкционированного доступа в здания и сооружения организации, на искусственные сооружения и объекты инфраструктуры ИТС.

4.10.3. Система автоматического пожаротушения

Система автоматического пожаротушения предназначена для первичного тушения возгораний и оповещения пожарной службы.

Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) сигнализацию ситуаций возгорания в зданиях и сооружениях организации, на искусственных сооружениях и объектах инфраструктуры ИТС;
- 2) осуществление первичного пожаротушения в автоматическом режиме.

4.10.4. Система оповещения и эвакуации

Система оповещения и эвакуации предназначена для оповещения персонала организации, обслуживающей ИТС, о чрезвычайных ситуациях на объектах инфраструктуры для снижения рисков травмирования и гибели.

Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) аудиовизуальную сигнализацию и оповещение персонала в ситуациях возгорания и ЧС в зданиях и сооружениях организации, на искусственных сооружениях и объектах инфраструктуры ИТС;
- 2) аудиовизуальную сигнализацию и оповещение персонала о маршрутах эвакуации из зданий и сооружений организации, с искусственных сооружений и из объектов инфраструктуры ИТС.

4.10.5. Система информационной безопасности

Система информационной безопасности предназначена для обеспечения информационной безопасности данных и процессов в рамках ИТС и её обслуживания.

4.10.5.1. Подсистема защиты конфиденциальной и коммерческой информации

Подсистема защиты конфиденциальной и коммерческой информации предназначена для защиты коммерческой и конфиденциальной информации в IT-инфраструктуре организации, обслуживающей ИТС.

Подсистема обеспечивает следующую функциональность:

- 1) защищённость систем и подсистем ИТС в процессе обработки и хранения конфиденциальной и коммерческой информации, обеспечение конфиденциальности при их обработке, а также необходимых характеристик защищённости информации (целостности, доступности, подотчётности);
- 2) исключение несанкционированного, в том числе случайного, доступа к конфиденциальной и коммерческой информации, хранящейся, обрабатываемой и передаваемой во всех режимах функционирования ИТС;

- 3) исключение или затруднение нарушения целостности (уничтожение, искажение) конфиденциальной и коммерческой информации;
- 4) своевременное обнаружение фактов несанкционированного доступа к конфиденциальной и коммерческой информации;
- 5) недопущение воздействий на технические средства автоматизированной обработки конфиденциальной и коммерческой информации, в результате которых может быть нарушено их функционирование;
- 6) исключение или затруднение нарушения работоспособности программных средств системы, а также средств защиты информации от несанкционированного доступа к ИТС;
- 7) возможность восстановления конфиденциальной и коммерческой информации, модифицированной или уничтоженной вследствие несанкционированного доступа к ним, в установленные сроки;
- 8) обеспечение защиты систем и подсистем ИТС от вредоносных программ;
- 9) организацию постоянного контроля за обеспечением уровня защищённости конфиденциальной и коммерческой информации.

4.10.5.2. Подсистема защиты персональных данных

Подсистема защиты персональных данных (ПЗПДн) предназначена для обеспечения требований государственного регулятора в области защиты персональных данных (ПДн).

ПЗПДн обеспечивает:

- 1) конфиденциальность информации – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на неё право;
- 2) целостность информации – избежание несанкционированной модификации информации;
- 3) доступность информации – избежание временного или постоянного сокрытия информации от пользователей, получивших права доступа.

Подсистема обеспечивает защищённость ПДн в системах и подсистемах ИТС в части обеспечения функций:

- 1) получения, хранения ПДн;

- 2) организации работы с документами и другими материальными носителями, содержащими ПДн;
- 3) принятия решений в отношении субъекта ПДн;
- 4) организации работы с обращениями субъектов ПДн;
- 5) организации разрешительной системы доступа к ПДн;
- 6) исключения несанкционированного, в том числе случайного, доступа к ПДн;
- 7) исключения или затруднения нарушения целостности (уничтожение, искажение) ПДн, обеспечения достоверности ПДн;
- 8) своевременного обнаружения фактов несанкционированного доступа к ПДн;
- 9) возможности восстановления ПДн, модифицированных или уничтоженных вследствие НСД к ним, в установленные сроки.

4.10.5.3. Подсистема антивирусной защиты

Подсистема антивирусной защиты предназначена для защиты ИТ-инфраструктуры ИТС от вредоносных воздействий. Подсистема обеспечивает выполнение следующих функций:

- 1) защиту отдельных компьютеров и серверов от несанкционированного доступа за счёт сетевых атак из внешних сетей;
- 2) обнаружение атак на сетевом и транспортном уровнях;
- 3) использование сигнатурного метода анализа;
- 4) протоколирование всех событий, возникающих при срабатывании правил обнаружения;
- 5) аудит протоколированных событий;
- 6) проверку файлов, веб-страниц, почтовых сообщений;
- 7) проактивную защиту от неизвестных угроз;
- 8) защиту от хакерских атак;
- 9) защиту от спама и фишинга в почтовых программах;
- 10) самозащиту антивирусных средств от попыток выключения со стороны вредоносного ПО;
- 11) регулярные и экстренные обновления;
- 12) проверку определенных файлов (все файлы, логические диски, каталоги и т. д.);
- 13) проверку оперативной памяти и всех файлов автозапуска;
- 14) непрерывный, в течение всего времени работы, контроль вирусной ситуации;

- 15) обеспечение целостности передаваемой информации между компонентами антивирусных средств;
- 16) нейтрализацию (или удаление) программного кода компьютерного вируса в зараженных объектах;
- 17) блокирование компьютерных вирусов.

4.10.5.4. Подсистема резервного копирования

Подсистема резервного копирования предназначена для обеспечения непрерывности предоставления ИТ-сервисов ИТС в условиях сбоев и чрезвычайных ситуаций. Эта подсистема обеспечивает следующие основные возможности:

- 1) резервное копирование, архивирование и восстановление данных на файловом уровне;
- 2) «горячее» резервное копирование и восстановление баз данных СУБД;
- 3) «горячее» резервное копирование и восстановление почтовых серверов;
- 4) резервное копирование и восстановление данных контроллеров домена;
- 5) управление хранением данных на основе политик;
- 6) управление серверами и устройствами хранения в среде SAN, LAN;
- 7) поддержку иерархической среды хранения данных с автоматической миграцией с одних носителей на другие;
- 8) обеспечение автоматизированного аварийного восстановления сервера резервного копирования с последующим восстановлением данных клиентов резервного копирования;
- 9) автоматическое оповещение администраторов и автоматизированное выполнение операций управления данными.

4.11. Блок «Обеспечивающие и общесистемные сервисы»

Блок «Обеспечивающие и общесистемные сервисы» объединяет системы ИТС, которые предоставляют свои функции всем остальным системам и подсистемам ИТС. К таковым системам относятся:

- 1) геоинформационная система;

- 2) электронный архив технической документации;
- 3) система электронного документооборота и архива;
- 4) система мониторинга ИТ-инфраструктуры;
- 5) служба единого времени.

Все эти системы и службы обычно интегрированы с подавляющим большинством других систем и подсистем ИТС, причём при помощи асинхронного взаимодействия, когда доведением информации до потребителей занимаются внутренние механизмы общей интеграционной платформы, а сама система распространяет свою информацию по принципу широковещательной передачи для всех подписчиков, кому такая информация требуется. Часто отправка информации осуществляется без необходимости гарантии доставки до потребителя.

Далее все перечисленные системы описываются более подробно.

4.11.1. Геоинформационная система

Геоинформационная система (ГИС) предназначена для предоставления геоподложки для прочих информационно-аналитических и автоматизированных систем, а также для предоставления геоинформационных сервисов.

Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) сбор, хранение, анализ и графическую визуализацию пространственных (географических) данных и связанной с ними информации об объектах;
- 2) визуализацию в режиме реального времени на картографической подложке текущего состояния улично-дорожной сети и автомобильных дорог (интенсивность движения транспортных средств, места ДТП и проведения ремонтных работ и т. д.) и транспортной инфраструктуры (объекты дорожного сервиса и их доступность, периферийное оборудование и его текущее состояние);
- 3) геофиксацию событий на электронной карте с возможностью фильтрации по типу событий, а также с возможностью детализации информации по любым запросам разной тематической направленности;
- 4) ввод оперативных данных о ситуации на автомобильной дороге (ДТП, строительные работы и др.) посредством пользовательского интерфейса;

- 5) расчёт и визуализацию кратчайшего маршрута движения между двумя географическими точками, заданными пользователем, с учётом текущей дорожно-транспортной ситуации.

Использование геоинформационной системы в составе ИТС должно обеспечивать сбор, обработку и непротиворечивое хранение данных по:

- 1) паспортизации автомобильных дорог, искусственных сооружений и других дорожных объектов;
- 2) расположению и размерам элементов дорог и искусственных сооружений;
- 3) диагностике автомобильных дорог и искусственных сооружений;
- 4) сбору данных о ДТП;
- 5) учёту интенсивности дорожного движения;
- 6) текущим и периодическим осмотрам дорог и искусственных сооружений;
- 7) обследованиям, выполненным для разработки проектов организации дорожного движения;
- 8) предпроектным обследованиям (изыскательским работам);
- 9) проектным работам (строительство, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт и комплексное обустройство).

В следующей таблице представлена информация о том, какие виды обеспечения необходимо детально прорабатывать для геоинформационной системы.

Вид обеспечения	Геоинформационная система
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование, на котором располагается серверное программное обеспечение ГИС
Программное	Серверное программное обеспечение
Информационное	База данных для хранения геоинформационной информации, а также информация, курсирующая между ГИС и другими системами
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание оборудования и программного обеспечения
Метрологическое	–
Математическое	Алгоритмы визуализации картографической информации, а также алгоритмы построения маршрутов на графе дорог
Методологическое	Методы учёта картографической и иной релевантной информации в БД ГИС
Методическое	Инструкции и методические рекомендации по использованию ГИС в других системах и подсистемах ИТС

Вид обеспечения	Геоинформационная система
Правовое	Нормативные правовые акты, регламентирующие использование картографической информации в процессах принятия решений
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы обмена информацией, языки представления информации на картах

4.11.2. Электронный архив технической документации

Автоматизированная система «Электронный архив технической документации» предназначена для ведения архива технической и проектной документации на автомобильную дорогу и технологическое оборудование на ней. Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) проведение согласования технической документации;
- 2) ведение электронного архива технической документации;
- 3) проведение изменений в технической документации;
- 4) хранение справочников и другой нормативно-справочной информации.

Далее в нижеследующей таблице перечислены те виды обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании электронного архива технической документации.

Вид обеспечения	Электронный архив технической документации
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование и АРМ конечного пользователя
Программное	Прикладное программное обеспечение на серверном оборудовании и АРМ пользователя
Информационное	Архив технической документации
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание системы
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	–
Юридическое	–
Лингвистическое	Форматы представления данных в БД архива, язык представления информации для пользователей

4.11.3. Система электронного документооборота и архива

Система электронного документооборота и архива предназначена для автоматизации документооборота организации, эксплуатирующей ИТС, и перевода его в безбумажную форму. Система обеспечивает следующую функциональность:

- 1) автоматизацию делопроизводства и контроль рассмотрения документов;
- 2) контроль исполнения документов и поручений;
- 3) организацию управления деловыми и бизнес-процессами;
- 4) ведение электронного архива документов.

Как обычно, в следующей таблице перечислены все виды обеспечения, которые необходимо описывать при проектировании системы электронного документооборота и архива.

Вид обеспечения	Система электронного документооборота и архива
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование и АРМ конечного пользователя
Программное	Прикладное программное обеспечение на серверном оборудовании и АРМ пользователя
Информационное	Электронный архив
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание системы
Метрологическое	–
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	–
Юридическое	Правила, делающие юридически значимым использование электронного документооборота и архива
Лингвистическое	Форматы представления данных в БД архива, язык представления информации для пользователей

4.11.4. Система мониторинга IT-инфраструктуры

Система мониторинга IT-инфраструктуры предназначена для осуществления мониторинга состояния и работоспособности ресурсов IT-инфраструктуры ИТС и организации, которая её эксплуатирует. Это служебная система, которая должна получать

информацию из всех других систем и подсистем ИТС о том, как работают их элементы.

Система мониторинга IT-инфраструктуры обычно состоит из следующих основных подсистем:

- 1) подсистемы мониторинга и управления оборудованием сети передачи данных;
- 2) подсистемы мониторинга и управления серверными комплексами, операционными системами и приложениями;
- 3) подсистемы мониторинга и администрирования АРМ;
- 4) подсистемы мониторинга и администрирования оборудования и процессов резервного копирования.

Система выполняет следующую функциональность:

- 1) мониторинг всех критически важных компонентов IT-инфраструктуры, включая приложения, сервисы, операционные системы, сетевые протоколы, системные метрики и сетевую инфраструктуру;
- 2) централизованное представление всей сети IT-операций и бизнес-процессов;
- 3) отправку оповещений персоналу, заинтересованным сторонам и конечным пользователям по электронной почте или с помощью текстовых сообщений на мобильный телефон;
- 4) расширенные возможности по представлению отчётности о состоянии IT-инфраструктуры;
- 5) гибкое разделение пользовательских представлений в соответствии с уровнем доступа каждого конкретного пользователя системы;
- 6) интеграцию со сторонними приложениями и возможность подключения расширений для увеличения возможностей мониторинга и создания кастомизированных предупреждений.

На нижнем уровне IT-инфраструктуры ИТС обеспечивается выполнение следующих функций:

- 1) удалённого доступа к серверам управления через активные консоли;
- 2) поддержки параллельной работы нескольких операторов (со своими полномочиями и зоной ответственности) с сервером управления;
- 3) защиты доступа к серверам управления по любым вариантам входа в систему со стороны неуполномоченных лиц;

- 4) разграничения на области компетенции по решению возникающих проблем;
- 5) различного уровня графического представления информации для различного эксплуатирующего персонала в зависимости от его роли в эксплуатационном процессе;
- 6) удалённого мониторинга объектов управления;
- 7) мониторинга контролируемых объектов при помощи агентов;
- 8) выбора параметров мониторинга и настройки порогов срабатывания агентов для оценки текущего состояния систем;
- 9) централизованной регистрации событий, происходящих в контролируемых объектах, операционных системах, СУБД, приложениях, информационных сервисах;
- 10) расширения списка регистрируемых событий и адаптации к используемым приложениям и существующим технологиям;
- 11) централизованной обработки всех регистрируемых событий;
- 12) оповещения операторов системы о работе информационных ресурсов посредством выдачи информационного сообщения на консоль оператора;
- 13) анализа производительности работы объектов управления;
- 14) автоматической обработки и графического представления оперативной информации по состоянию информационных сервисов;
- 15) сбора, хранения и анализа параметров функционирования объектов управления.

4.11.5. Система часофикации (служба единого времени)

Система часофикации предназначена для обеспечения всех систем и подсистем ИТС единым точным временем, синхронизируемым с сигналами общемирового времени. Система часофикации выполняет следующие функции:

- 1) определение точного времени с учётом выделенных зон и поясов;
- 2) визуализацию текущего времени в различных представлениях;
- 3) корректировку установленных показателей по протоколу NTP;

- 4) восстановление значений для показателей времени после непредвиденных сбоев;
- 5) задание сигналов общего времени в необходимых устройствах;
- 6) контроль и мониторинг ситуации с неисправностями сетевых элементов управления системой.

Обычно мастер-часы устанавливаются в центральном ЦОД ИТС с дублированием по распределённым объектовым комплексам ИТС. Вторичные часы, если они располагаются в разных часовых поясах, должны синхронизироваться с мастер-часами по протоколу NTP.

В следующей таблице приведены сведения обо всех видах обеспечения, которые требуется описывать при проектировании системы часофикации.

Вид обеспечения	Система часофикации
Аппаратно-техническое	Серверное оборудование, мастер-часы и вторичные часы
Программное	Серверное и встроенное программное обеспечение
Информационное	Сигналы точного времени, распространяемые по сети ИТС для всех заинтересованных устройств
Организационное	Персонал, осуществляющий обслуживание системы
Метрологическое	Мастер-часы и вторичные часы
Математическое	–
Методологическое	–
Методическое	–
Правовое	–
Юридическое	Нормативные правовые акты, регламентирующие использование точного времени в системах и подсистемах ИТС
Лингвистическое	Протокол распространения сигналов точного времени

4.12. Общая интеграционная платформа ИТС

В настоящее время широко распространены два подхода к автоматизации деятельности (в любой отрасли). Первый основан на постепенном внедрении разнородных автоматизированных и информационных систем, которые применяются для автоматизации определённых деловых, производственных или технологи-

ческих процессов. В конечном итоге все эти внедренные системы создают слабосвязанный набор, который не отражает сути общего делового процесса той социотехнической системы, в которой происходит автоматизация деятельности. Этот подход получил наименование «лоскутная автоматизация», поскольку информационная инфраструктура социотехнической системы напоминает в этом случае лоскутное одеяло.

Вряд ли можно утверждать, что «лоскутная автоматизация» имеет одни недостатки. Этот подход позволяет решать те задачи, для которых подходит больше всего. В частности, «лоскутная автоматизация» дает возможность быстро закрывать «узкие» места в социотехнической системе, повышая эффективность работы тех подразделений, которые включаются в организационное обеспечение соответствующих систем. Обычно этот процесс происходит «естественным образом», поскольку автоматизация практически всегда начинается с закрытия образующихся узких мест, но почти никогда с комплексного обследования и построения концепции комплексной автоматизации. К тому же постепенное наращивание информационной инфраструктуры видится более дешёвым подходом, чем полная автоматизация всего и сразу.

Вместе с тем развитие «лоскутной автоматизации» в социотехнической системе приводит к тому, что весь набор начинает представлять собой крайне сложную для управления слабосвязанную систему, при усложнении которой приходится перенастраивать многие устоявшиеся связи. Количество обслуживающего персонала этой автоматизированной системы начинает непропорционально возрастать, а при искусственном сдерживании роста качество обслуживания падает. В первую очередь это связано с тем, что при увеличении количества задействованных в социотехнической системе автоматизированных и информационных систем количество связей между ними растёт нелинейно, что через определённое время может привести к «комбинаторному взрыву».

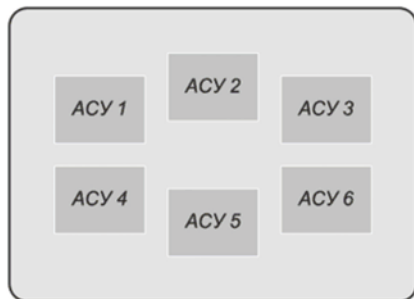
Негативных аспектов «лоскутной автоматизации» позволяет избежать комплексная автоматизация как второй подход к автоматизации социотехнической системы. Комплексная автоматизация не обязательно подразумевает автоматизацию всей системы сразу с отказом от уже внедрённых решений, поскольку такая методика используется только там, где либо совсем отсутствует автоматизация, либо там, где руководство решило полностью сменить информационно-коммуникационную инфраструктуру.

ру. Вместе с тем комплексная автоматизация может вполне последовать за «лоскутной», когда руководство социотехнической системы принимает решение вложить средства в полноценную автоматизацию для получения эффектов в долгосрочной перспективе. При этом уже внедрённые системы становятся основой для построения комплексной интегрированной автоматизированной системы и появления в информационно-коммуникационной среде единого информационного пространства.

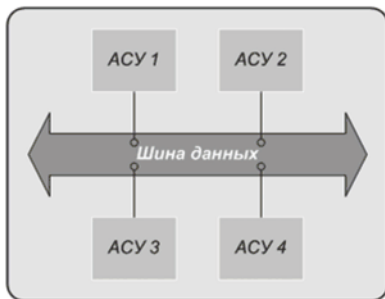
В качестве основных эффектов от комплексной автоматизации можно назвать следующие:

- 1) увеличение эффективности общей системы управления социотехнической системой за счёт информационного взаимодействия всех подсистем в местах сопряжения деловых процессов. Возникает синергетический эффект от комплекса средств автоматизации вместо набора «лоскутков», прикрывающих отдельные узкие места;
- 2) быстрая окупаемость инвестиций в информационно-коммуникационную инфраструктуру социотехнической системы за счёт повышения её эффективности при сохранении объёмов задействованных в работе ресурсов;
- 3) уменьшение сроков разработки и внедрения комплексной системы автоматизации по причине выполнения проекта одним подрядчиком по одному проектному решению. Авторский надзор за всем комплексом средств автоматизации также позволяет экономить на сопровождении и доработке комплексной системы автоматизации.

В обобщённом концептуально-абстрактном виде сравнение «лоскутной» и комплексной автоматизации может быть произведено при помощи следующих диаграмм.



Лоскутная автоматизация

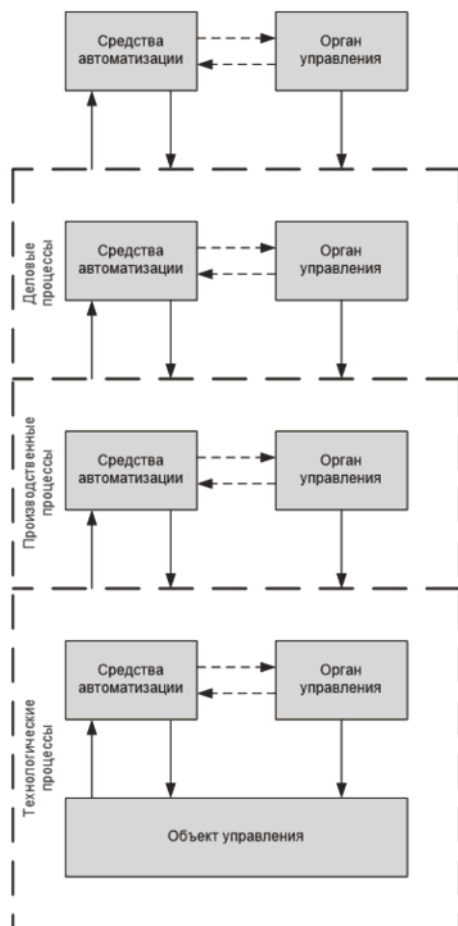


Комплексная автоматизация

Перенос и применяя описанное к транспортным системам, можно отметить, что комплексная автоматизация транспортной отрасли основывается на нескольких достаточно простых базовых принципах, которые позволяют автоматизировать произвольную социотехническую систему независимо от отрасли и типа управления. Эти принципы следующие:

- 1) *системный подход* – рассмотрение транспортной отрасли в качестве целостной социотехнической системы со всем многообразием взаимосвязей между её подсистемами и компонентами;
- 2) *автоматизация общего делового процесса транспортной системы* – вся деятельность транспортной отрасли автоматизируется как единый деловой процесс, который состоит из подчинённых управленческих, производственных и технологических процессов. Этот деловой процесс автоматизируется посредством ИТС;
- 3) *ИТС на базе общей интеграционной платформы* – выстраивание в рамках ИТС общей интеграционной платформы во всех аспектах, начиная от физического уровня (структурированные кабельные системы) до автоматизированных информационных систем на уровнях осуществления транспортной работы и управления. Такое выстраивание может происходить как «с нуля», так и на базе «унаследованных» систем;
- 4) *оптимизация архитектуры транспортной отрасли* – использование ИТС в качестве инструмента для оптимизации архитектуры транспортной отрасли путём проведения процессов унификации и стандартизации её модели данных и функциональной модели, в результате чего получается целостная архитектура отрасли без дублирующихся элементов по функциональности или источникам информации.

Цель комплексной автоматизации заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества предоставляемых транспортных услуг, в создании условий для оптимального использования всех ресурсов транспортной системы, достигаемых за счёт замыкания большей части информационных потоков на средства автоматизации. При этом замыкание информационных потоков на средства автоматизации охватывает контуры управления всех процессов транспортной системы, включая технологические, производственные и деловые.



При проектировании и создании ИТС и общей интеграционной платформы необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- 1) *принцип новых задач* – состоит в том, чтобы не просто перекладывать на средства автоматизации традиционно сложившиеся методы и приёмы управления, а перестраивать эти методы в соответствии с новыми огромными возможностями, которые дают современные средства автоматизации. На практике это означает, что при анализе объекта управления выявляются потери, происходящие от недо-

статков управления. В соответствии с результатами анализа намечается список задач, которые ввиду их большого объёма сейчас не решаются или решаются неполно, но которые можно решать с помощью современных средств автоматизации;

- 2) *принцип эффективности* – заключается в достижении рационального соотношения между затратами на создание ИТС и целевыми эффектами, включая конечные результаты, получаемые в результате автоматизации;
- 3) *принцип комплексного (системного) подхода к проектированию* – проектирование ИТС должно основываться на системном анализе как объекта, так и системы управления им. Это означает, в частности, что должны быть определены цели и критерии для функционирования объекта (вместе с системой управления) и проведена структуризация, вскрывающая весь комплекс вопросов, которые необходимо решить, для того чтобы проектируемая система наилучшим образом соответствовала установленным целям и критериям. В этот комплекс попадают вопросы не только технического, но также экономического и организационного порядка. Внедрение ИТС открывает принципиально новые возможности для коренного усовершенствования системы экономических показателей и экономического стимулирования;
- 4) *принцип стандартизации и унификации* – заключается в том, что при создании ИТС и её подсистем должны быть рационально применены типовые, унифицированные и стандартизованные элементы, проектные решения, пакеты прикладных программ, комплексы, компоненты;
- 5) *принцип непрерывного развития системы* – по мере развития экономики в целом и транспортной системы в частности возникают новые задачи управления, совершенствуются и видоизменяются старые. Для того чтобы ИТС могла быстро реагировать на эти изменения, она должна снабжаться возможностями гибкой настройки средств автоматизации, с учётом возможности пополнения и обновления функций и состава ИСТ без нарушения её функционирования. Необходимо также специальная служба, осуществляющая сбор, анализ и систематизацию требований к развитию ИСТ, а также оперативное её сопровождение;

- 6) *принцип совместимости* – заключается в том, что при создании ИТС должны быть реализованы информационные интерфейсы, благодаря которым она может взаимодействовать с другими системами в соответствии с установленными правилами;
- 7) *принцип единства информационной базы* – заключается в том, что информационное обеспечение должно реализовывать единую информационную базу на машинных носителях информации, накапливающую и постоянно обновляющую информацию, необходимую для решения не какой-то одной или нескольких задач, а всех задач объекта автоматизации. При этом должна быть организована единая система классификации технико-экономической и нормативно-справочной информации;
- 8) *принцип одноразового ввода данных* – заключается в том, что любая новая информация помещается в единую машинную информационную базу для последующего многократного использования без необходимости повторного ввода;
- 9) *принцип модульности* – заключается в том, что комплексная автоматизация транспортной отрасли может проводиться этапами – от наиболее нуждающихся в автоматизации участков к участкам, экономический эффект автоматизации которых может быть достигнут на более поздних этапах создания ИТС;
- 10) *принцип автоматизации документооборота* – заключается в том, что информационное обеспечение должно быть организовано таким образом, чтобы большинство информационных потоков между отдельными задачами объекта автоматизации замыкались непосредственно через единую машинную информационную базу. При этом возникает возможность резкого увеличения информационных потоков, повышения их оперативности и значимости для целей объекта автоматизации.

Общая интеграционная платформа ИТС является центральной подсистемой ИТС и предназначена для осуществления межсистемного взаимодействия и обмена информацией и управленческими воздействиями как внутри ИТС и комплекса управления транспортной системой, так и с внешними системами, а также для обеспечения работы с единой базой данных, для предоставления информационных сервисов службам муниципалитета,

а также для оказания информационных услуг заинтересованным лицам и организациям.

Функциональным назначением общей интеграционной платформы ИТС является обеспечение связности и взаимной согласованности бизнес-процессов управления транспортной системой.

Эксплуатационное назначение общей интеграционной платформы ИТС заключается в обеспечении совместной работы прикладных систем ИТС, реализующих комплексную автоматизацию транспортной системы.

Информационный межсистемный обмен базируется на сети передачи данных в составе ИТС без привязки к среде передачи данных (за исключением данных, критичных ко времени передачи и задержкам передачи), охватывающей транспортную инфраструктуру и серверы технического обеспечения. Общая интеграционная платформа ИТС диспетчеризует информационные потоки из систем в составе ИТС, запуская для этого пользовательские сценарии. Для каждой системы в составе ИТС существует интеграционный модуль, или «шлюз».

Общая интеграционная платформа ИТС обеспечивает следующую функциональность:

- 1) обмен данными между автоматизированными и информационно-аналитическими системами, компонентами ИТС и внешними системами с контролем целостности;
- 2) гарантированную доставку сообщений и поддержку транзакционной модели;
- 3) предоставление интерфейса, обеспечивающего доставку неискажённых сообщений с определённым интервалом времени ожидания ответа на запрос всеми участниками информационного взаимодействия;
- 4) фиксацию факта доставки неискажённого сообщения либо факта ошибки при передаче сообщения;
- 5) обеспечение настройки временного интервала повторных вызовов службы информационных систем участников взаимодействия;
- 6) журналирование событий с возможностью построения отчётности по сохранённым данным;
- 7) предоставление набора инструментов для создания новых и изменения существующих служб. При регистрации службы – предоставление возможности сохранения информа-

ции с описанием функциональности службы и указанием её владельца;

- 8) предоставление возможности регистрации служб, созданных для удовлетворения потребности внешних систем;
- 9) настраиваемый порядок обмена сообщениями между зарегистрированными участниками межсистемного взаимодействия.

Важным инструментом проектирования интеграции между системами является матрица интеграции. Матрица интеграции – это первый инструмент проектирования межсистемного взаимодействия. Матрица представляет собой таблицу, строки и столбцы которой помечены источниками и потребителями информации в рамках ИТС. В конкретной ячейке указываются те данные и регламенты их доставки, которые передаются из источника к потребителю, указанные в строке и столбце соответственно. Матрица используется для выстраивания целостной картины об интеграционных потоках внутри интегрированной системы управления.

Другим инструментом проектирования межсистемного взаимодействия в рамках ИТС является объектная модель транспортной системы. Объектная модель представляет собой множество сущностей проблемной области с их атрибутами, у которых заданы типы. Сущности связаны между собой связями различных типов. Объектная модель в дополнение к матрице интеграции позволяет грамотно спроектировать межсистемное взаимодействие и сквозную автоматизацию комплексных технологических процессов. В частности, объектная модель даёт возможность определить места зарождения информации, траектории её движения по системам, что обеспечивает единство ввода и унификацию использования данных в комплексной системе управления.

Также необходимо отметить, что общая интеграционная платформа ИТС обычно предоставляет механизмы организации синхронного и асинхронного взаимодействий. В случае синхронного межсистемного взаимодействия система-источник отправляет сигнал конкретной системе-потребителю, при этом интеграционная платформа гарантирует доставку информации в регламентное время, а также возвращает в систему-источник информацию о проведённой транзакции. Чаще всего работа системы-источника приостанавливается до получения такого сигнала, но это

необязательно. В случае асинхронного взаимодействия система-источник отправляет широковещательный сигнал всем подписчикам, и интеграционная платформа самостоятельно занимается доставкой информации до всех потребителей, которые подписаны на этот тип сигналов. Система-источник не ожидает информации о проведении транзакций до каждого потребителя. Более того, чаще всего доставка широковещательной рассылки даже и не гарантируется.

В составе общей интеграционной платформы ИТС выделяются следующие сервисы:

- 1) *системные сервисы обеспечения межсистемного взаимодействия* – реализация межсистемного взаимодействия внутри ИТС, обеспечение выполнения регламентов обмена информацией между системами;
- 2) *сервисы интеграции со смежными ИТС* – реализация взаимодействия с внешними ИТС, АСУДД и прочими смежными системами соседних муниципалитетов и регионов по отношению к тому, в котором реализуется ИТС;
- 3) *сервис единого входа (Single Sign-On)* – предоставление персоналу ИТС единой точки входа в системы и подсистемы ИТС, а также разграничение доступа в соответствии с ролями.

Общая интеграционная платформа ИТС регистрирует в качестве факторов информационного обмена системы ИТС и внешние информационные системы, с которыми осуществляется информационное взаимодействие. При регистрации системы ИТС или внешней информационной системы задаются следующие параметры:

- 1) идентификатор системы и название системы;
- 2) объекты системы, задействованные в информационном обмене;
- 3) протоколы информационного обмена;
- 4) типы и форматы передаваемых сообщений;
- 5) типы и форматы принимаемых сообщений.

Общая интеграционная платформа ИТС обеспечивает управление правами доступа на уровне ИТС в целом, в том числе:

- управление правами доступа к отдельным системам и подсистемам ИТС;
- управление правами доступа к функциям управления сценариями информационного обмена.

Управление правами доступа может быть реализовано на уровне пользователей, групп пользователей, технических и аппаратных средств, а также их групп, на уровне систем и подсистем, входящих в состав ИТС.

Общая интеграционная платформа ИТС предоставляет инструментарий для создания и управления сценариями маршрутизации информационных сообщений между системами. Инструментарий создания и управления сценариями обычно имеет графический интерфейс, обеспечивающий описание входного потока данных, формата принимаемого сообщения, условия и параметры передачи сообщений, формата выходного сообщения.

В качестве условий и параметров передачи сообщений могут быть использованы данные из базы данных, комбинации данных из базы данных или другие маршрутизируемые сообщения, объединённые логическими операторами. Общая интеграционная платформа ИТС также предусматривает возможность создания многоуровневых (последовательных и параллельных) сценариев маршрутизации сообщений.

Сценарии маршрутизации сообщений могут быть двух типов: технические сценарии и пользовательские сценарии.

- Технические сценарии представляют собой базовые маршруты сообщений с условиями и параметрами, необходимые для функционирования общей интеграционной платформы ИТС. Технические сценарии задаются на этапе пусконаладки интеграционной платформы и не подлежат изменению в течение всего жизненного цикла ИТС.
- Пользовательские сценарии представляют собой бизнес-процессы, возникающие в процессе эксплуатации ИТС и регламентирующие параметры информационного обмена между её системами. Пользовательский сценарий представляет собой последовательность функций, выполняемых системами последовательно или параллельно в случае наступления одного или нескольких событий.

4.12.1. Классификация методов технологической связности

С точки зрения способа интеграции систем и подсистем ИТС методы технологической связности подсистем можно классифицировать следующим образом:

- 1) интеграция осуществляется по принципу «точка–точка» между любыми двумя подсистемами ИТС, между которыми имеется межсистемное взаимодействие;
- 2) существует интеграционная платформа, но между некоторыми системами используется принцип интеграции «точка–точка»;
- 3) все подсистемы ИТС, а также внешние по отношению к ней системы интегрируются с ней при помощи унифицированных механизмов общей интеграционной платформы.

Таким образом, центральным элементом ИТС – «ядром» – является общая интеграционная платформа, которая осуществляет набор интеграционных функций, основными из которых являются следующие:

- 1) обеспечение синхронного взаимодействия;
- 2) обеспечение асинхронного взаимодействия;
- 3) обеспечение единого доступа персонала;

В отдельных случаях, как это указано ранее при рассмотрении варианта классификации по способам интеграции, некоторые системы как в составе ИТС, так и являющиеся для неё внешними, могут интегрироваться в обход общей интеграционной платформы по методу «точка–точка». Хотя, конечно же, количество использования этого метода должно минимизироваться.

С точки зрения связности подсистем ИТС классифицируются следующим образом:

- 1) слабосвязанная ИТС;
- 2) сильносвязанная ИТС;
- 3) полносвязная ИТС.

Степень связности определяется как количество интеграционных потоков между подсистемами ИТС. В слабосвязанных ИТС подсистемы часто действуют автономно, независимо друг от друга, интеграционные потоки существуют только между некоторыми подсистемами и охватывают лишь самые важные технологические операции. С другой стороны, в полносвязных ИТС любая информация, зародившаяся в любой из подсистем ИТС, может быть использована в любой другой подсистеме ИТС без необходимости создания дополнительного интеграционного потока.

Общая интеграционная платформа ИТС обеспечивает полную связность систем и подсистем ИТС и предоставляет все интеграционные функции для обеспечения межсистемного взаимо-

действия в синхронном и асинхронном режимах. Это позволяет сказать, что общая интеграционная платформа ИТС полностью соответствует критериям технологической связности и обеспечивает работоспособность и жизнеспособность комплексной интегрированной автоматизированной системы управления, которой в силу своей природы является ИТС.

Технологическая связность систем и подсистем ИТС посредством общей интеграционной платформы обеспечивается в том числе следующими программно-аппаратными и информационными средствами:

- 1) системой передачи данных и локальными вычислительными сетями;
- 2) активным коммутационным оборудованием;
- 3) централизованными хранилищами данных;
- 4) централизованным и распределённым серверным оборудованием;
- 5) промежуточным программным обеспечением общей интеграционной платформы для осуществления диспетчеризации и маршрутизации информационных потоков и управляющих воздействий;
- 6) единым стеком стандартных протоколов.

Важной частью работы общей интеграционной платформы является исполнение технических и пользовательских сценариев интеграции. Пользовательские сценарии фактически представляют собой средство сквозной и бесшовной автоматизации бизнес-процессов, осуществляемых в транспортной системе. В качестве примеров таких сценариев можно привести следующие:

- 1) протягивание светофорной фазы для опаздывающей подвижной единицы НГПТ;
- 2) отправка в систему ТОиР информации о вышедшем из строя периферийном оборудовании АСУДД с заведением карточки внепланового ремонта и назначением ремонтной бригады;
- 3) диммирование света в АСУНО при получении сигнала от метеостанции о наличии тумана;
- 4) диммирование света в АСУНО при получении сигнала от подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков (выключение и включение света при отсутствии и наличии транспортных средств);

- 5) вывод информации на ТОИ и ограничение скорости на УДЗ при получении информации с метеостанции об обледенении дорожной поверхности;
- 6) передача информации о трафике, проехавшем через посты ФВФ или АСВГК в подсистему мониторинга транспортных потоков;
- 7) вывод на ТОИ предложений по маршрутам объезда затора при получении информации о ДТП из подсистемы СВНВА (внутренняя интеграция);
- 8) построение на ТОИ предложений по маршрутам объезда затора при получении информации о ремонтных работах из внешней системы АСУ ЖКХ (интеграция с внешней по отношению к ИТС системой);
- 9) получение информации от подсистемы мониторинга для транспортного моделирования и далее построения будущих планов светофорного регулирования;
- 10) передача прогнозной информации из транспортной модели в СППР для подготовки решений по изменениям, которые необходимо реализовать в транспортной системе в целом.

Детальная реализация пользовательских сценариев для сквозного и бесшовного управления бизнес-процессами на транспорте является авторским ноу-хау, а потому в случае необходимости реализации таких сценариев вы можете написать запрос на адрес электронной почты roman.dushkin@gmail.com для получения дополнительной информации.

Глава 5

БУДУЩЕЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Как и любая жизнеспособная система, транспортная отрасль постоянно эволюционирует. Более того, поскольку транспорт является подсистемой ещё более жизнеспособной системы, то его эволюция подчиняется целям этой надсистемы – целям экономически целесообразного общества. Поэтому описанная в предыдущей главе структура подсистем ИТС не является догмой, а в любом случае будет как-то развиваться и видоизменяться, чтобы соответствовать новым экономическим и технологическим реалиям.

Важными направлениями развития транспортной системы видятся следующие:

- 1) развитие автоматизированных и автономных транспортных средств и создание кооперативных ИТС;
- 2) разработка и внедрение мультимодальных ИТС;
- 3) создание новых транспортных модальностей;
- 4) обеспечение биобезопасности на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры.

Имеет смысл кратко рассмотреть каждую из этих возможностей.

5.1. Кооперативные ИТС

Кооперативная ИТС – это ИТС, в которой транспортная работа выполняется высокоавтоматизированными (вплоть до полной автономности) и подключёнными транспортными средствами. Это значит, что в системе наблюдается высокая степень связности интеллектуальных агентов, некоторые из которых имеют искусственную природу. Фактически кооперативная ИТС – это мультиагентная система, в которой взаимодействие осуществляется между акторами транспортной системы с различными ролями. Традиционно это взаимодействие обозначается как V2X.

5.1.1. V2X-взаимодействие

V2X – это технология взаимодействия подключённых автомобилей с любыми другими акторами транспортной системы. Под X здесь могут пониматься другие автомобили, придорожная инфраструктура, центральная система управления, устройства пассажиров и пешеходов, технологическая и электрическая сети. V2X-взаимодействие – важный аспект для функционирования как подключённых, так и высокоавтоматизированных транспортных средств, при помощи которого автомобили обмениваются информацией и получают информацию о том, что происходит на дороге в кратчайшее время для более обоснованного принятия решений. В качестве подходов организации V2X-взаимодействия можно отметить как непосредственное (прямое) взаимодействие акторов на дорогах, так и взаимодействие через центральную систему, которая в этом случае становится промежуточным звеном, однако позволяет фиксировать каждую транзакцию и регулировать взаимоотношения между акторами.

Выделяются следующие типы акторов:

- **V** – транспортные средства;
- **C** – центральная система управления;
- **I** – придорожная инфраструктура (периферийное оборудование системы управления);
- **P** – пешеходы и пассажиры;
- **D** – произвольные устройства различных типов и назначений;
- **N** – сеть передачи данных;
- **G** – электросеть.

Соответственно, между акторами этих типов может быть организовано взаимодействие, и фактически получается матрица взаимодействия типа X2X, где под буквой X понимается одна из перечисленных в списке букв, обозначающих тип взаимодействующего актора. Например, V2V-взаимодействие – это прямое взаимодействие между двумя транспортными средствами. При этом ещё необходимо отметить, что вопросы взаимодействия с акторами типов D, N и G ещё находятся на стадии осмысления в мировой практике, поэтому далее не рассматриваются.

Беспилотные транспортные средства – наше ближайшее будущее, и игнорировать перспективу их скорого появления невозможно при разработке стратегических планов развития как ком-

мерческих компаний, так и муниципальных и государственных органов и организаций. При этом речь идёт не столько о рельсовом транспорте, автономизация которого началась ещё в начале 2000-х годов, сколько о привычном всем автомобильном транспорте на дорогах общего пользования.

Сегодня с развитием методов робототехники, искусственного интеллекта, машинного зрения, автоматического принятия решений в условиях неопределённости остро встаёт вопрос о скором выезде на автомобильные дороги беспилотных автомобилей. В России несколько отечественных компаний плотно занимаются разработкой таких автомобилей, и уже проводится всестороннее тестирование беспилотного дорожного движения. Зарубежные автопроизводители массово предлагают электромобили, которые станут основой будущих беспилотных транспортных средств.

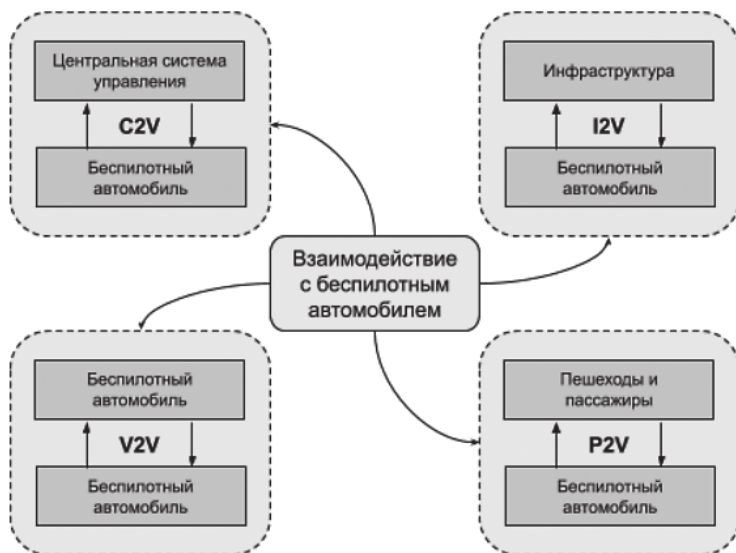
Вместе с тем в этой области имеется интересный парадокс. Дело в том, что первым беспилотным автомобилям и системам управления в них придётся намного сложнее, чем автомобилям следующего поколения. Такая ситуация возникнет потому, что первое поколение беспилотных транспортных средств будет ездить в общем потоке автомобильного движения, причём доля беспилотников будет небольшая, а большая часть автомобилей вокруг них будет всё ещё управляться живыми водителями с естественным интеллектом, при этом транспортные средства могут быть и не подключены к кооперативной ИТС. При этом человек – это довольно иррациональное создание, которое может принимать внезапные необоснованные решения, действовать на эмоциях или просто не сообщать окружающим о своих следующих манёврах. А вот второе поколение беспилотников будет ездить только в окружении своих «собратьев», и тогда дорожное движение будет подчиняться строгой рациональной логике, а сами автомобили будут непрерывно общаться друг с другом, предупреждая о манёврах и сообщая свои маршруты ради всеобщей оптимизации.

Таким образом, первое поколение беспилотных транспортных средств должно быть «умнее» последующих. Но это проявление искусственного интеллекта натывается в России на следующие серьёзные препятствия:

- 1) наличие значительного количества автомобилей вокруг, которые управляются водителями-людьми, а значит, могут ездить недетерминированно;
- 2) наличие пешеходов и даже животных (в том числе диких), которые на дорогах ведут себя ещё более недетерминированно, а в случае пешеходов – вообще могут показывать иррациональное поведение по принципу «ничего не знаю, я на пешеходном переходе, мне должны уступать, тормозя в пол»;
- 3) отсутствие освещения, особенно на загородных автомобильных дорогах низких категорий;
- 4) плохое физическое состояние технических средств организации дорожного движения, особенно горизонтальной разметки;
- 5) сложный климат, при котором погодные условия временами приводят к полностью занесённым снегом дорогам, дорожным знакам и даже светофорам.

Однако, несмотря на мощнейший тренд в развитии методов искусственного интеллекта и особенно компьютерного зрения, основанного на нейросетевых технологиях и глубинном обучении, для системы управления беспилотным автомобилем очень сложно распознавать дорожные ситуации и оперативно принимать решения, в том числе и для того, чтобы предотвращать развитие ситуаций, которые могут привести к дорожно-транспортному происшествию. Для расширения сенсорного пространства беспилотных автомобилей и предоставления их системам управления для анализа большего объёма данных об окружающей обстановке используются многочисленные сенсоры в дополнение к обычным видеокамерам. Тем не менее задача решается с трудом, а в случае снижения или прекращения видимости в различных оптических диапазонах и вовсе становится практически нерешаемой.

Одним из возможных способов решения описанных проблем является передача в систему управления беспилотным автомобилем информации, имеющейся у различных акторов, участвующих в процессах организации и управления дорожным движением, а также в самом движении. Для этого из перечисленных акторов обычно используются следующие: С, I, Р, V.



Итак, выделяются следующие типы V2X-взаимодействия:

- V2C- и C2V-взаимодействие – двусторонний обмен информацией между автомобилем и центральной системой управления;
- V2I- и I2V-взаимодействие – двусторонний обмен информацией между автомобилем и придорожной инфраструктурой, прежде всего с техническими средствами организации дорожного движения;
- V2V-взаимодействие – двусторонний обмен информацией между несколькими автомобилями;
- P2V-взаимодействие – получение автомобилем информации от пешеходов и пассажиров.

Между акторами дорожного движения могут быть и иные пары взаимодействий (например, I2C – между инфраструктурой и центральной системой), однако их рассмотрение не так интересно и выходит за рамки этого раздела, так как фактически вся предыдущая глава была посвящена этому типу. Вместе с тем при рассмотрении и проектировании полноценной многоагентной кооперативной ИТС эти типы взаимодействия также необходимо принимать во внимание. Фактически должна быть построена

матрица акторов, по которой должны быть рассмотрены все направления взаимодействия и их влияние на организацию дорожного движения.

Беспилотный автомобиль-агент обладает общительностью и реактивностью за счёт систем X2V- и V2X-взаимодействий и устройств компьютерного зрения. Целью каждого беспилотного автомобиля является преодоление заданного маршрута, и автомобиль будет ехать по пути, являющемуся в транспортной сети оптимальным с точки зрения времени. Взаимодействие с другими автомобилями и дорожной инфраструктурой обеспечит для автомобиля возможность предотвращения аварийных ситуаций. На основе получаемой информации автомобиль будет сам корректировать своё поведение. Конкретная окружающая среда не является для автомобиля единственной средой, в которой он может двигаться. Таким образом, беспилотный автомобиль соответствует определению агента в мультиагентной системе.

V2X-взаимодействие может строиться с помощью множества различных технологий и протоколов радиосвязи. В нескольких странах уже применяется технология автоматической оплаты проезда по платной дороге с помощью взаимодействия автомобиля и инфраструктуры на основе технологий DSRC (выделенная связь на короткие расстояния). Однако для реализации V2X-взаимодействий в кооперативной ИТС наибольшие надежды возлагаются на технологию 5G, которая является новой и ещё мало где применяется. Задержка при установлении соединения между такими системами мала – около 1 миллисекунды. Это позволит сделать акты V2X-взаимодействия практически мгновенными с точки зрения обычного течения времени для человека.

Можно перечислить примеры вариантов использования V2X-взаимодействия в обе стороны:

1) **V2V:**

- передача информации о состоянии автомобиля всем приближающимся автомобилям для более быстрого принятия решений;
- передача информации об окружающем пространстве всем приближающимся автомобилям для более точного моделирования условий движения;

- ретрансляция произвольной информации всем автомобилям в рамках её распространения по VANET или IVC;
- 2) **V2C:**
 - передача телематической информации о состоянии автомобиля, параметрах его маршрута, окружающей среде;
 - передача информации об окружающем пространстве для актуализации карты и транспортной модели на микроуровне;
- 3) **V2I:**
 - передача информации от автомобиля к ближайшим светофорным контроллерам о приближении и маршруте следования для принятия контроллером оптимальных решений о фазах регулирования;
- 4) **V2P:**
 - проложенный маршрут для перевозки пассажира;
 - информационные сообщения различного характера;
- 5) **C2V:**
 - обновление карты и дорожной обстановки, в том числе и информации о временных ограничениях, путях объезда и т. п.;
 - передача информации о траекториях транспортных средств, окружающих заданное;
 - передача информации для пополосного управления подключёнными транспортными средствами;
 - передача директивных управляющих воздействий в случае необходимости;
 - передача разнообразной информации для доведения до пассажиров;
- 6) **I2V:**
 - направление в бортовую систему автомобиля оперативной информации, которую может предоставить соответствующее устройство в составе придорожной инфраструктуры (состав и структура информации зависят от типа устройства);
- 7) **P2V:**
 - запрос на вызов автомобиля с параметрами предполагаемого маршрута.

Если говорить только за V2I-взаимодействие, то в этом аспекте разнообразие подсистем ИТС обуславливает ещё большее разно-

образе различных типов периферийного оборудования, которое используется на автомобильных дорогах для сбора информации и для косвенного или прямого управления транспортными потоками. Любой элемент периферийного оборудования связан с центральной системой управления, поэтому всю периферию можно разделить на три класса:

- 1) сенсоры, только отправляющие в центральную систему управления информацию со значениями измеряемых и мониторируемых параметров, а также информацию о своём собственном состоянии;
- 2) исполнительные устройства, только принимающие из центральной системы управления сигналы для воздействия на объект управления;
- 3) устройства, которые как отправляют, так и получают информацию и управленческие воздействия при взаимодействии с центральной системой управления.

В настоящее время чистых устройств второго класса практически не существует, так как большинство вариантов, использующихся сегодня для построения ИТС, обладают возможностью отправлять в центральную систему управления сигнал о своей работоспособности. Поэтому имеет смысл рассматривать только периферийные устройства первого и третьего классов.

С другой точки зрения периферийное оборудование ИТС можно разделить на классы по возможности обработки принимаемой информации на своей стороне. Здесь можно выделить два класса:

- 1) оборудование, которое только ретранслирует информацию. Например, сенсор получает значения отслеживаемого параметра и сразу же передаёт его в центральную систему управления. Или исполнительное устройство получает сигнал от центральной системы управления и сразу же исполняет его;
- 2) оборудование, которое может обрабатывать получаемую информацию, осуществляя фильтрацию, предобработку или даже выработку решений на своей стороне, тем самым проводя распределённые оконечные вычисления.

В следующей таблице приведены примеры существующего периферийного оборудования ИТС, распределённые по четырём квадрантам на основе двух представленных ортогональных классификаций:

		Обмен информацией с центральной системой управления	
		Только отправка	Приёмка и отправка
Распределённые оконечные вычисления	Нет	1. Детектор транспорта 2. Детектор занятости парковочного места	1. Табло отображения информации 2. Управляемый дорожный знак 3. Видеокамера теленаблюдения
	Да	1. Комплекс фотовидеофиксации нарушений ПДД	1. Дорожный контроллер 2. Автоматическая дорожная метеостанция 3. Видеокамера видеоаналитики 4. Оборудование весогабаритного контроля 5. Телефон экстренной службы 6. Бортовые системы транспортных средств

В общем-то, весь перечисленный набор периферийного оборудования можно связать при помощи I2V-взаимодействия с системой управления беспилотным транспортным средством. Для конкретизации задач, которые могут быть решены при помощи организации такого взаимодействия, далее приводится список данных, которые беспилотный автомобиль может получать от периферийного оборудования:

- 1) от детекторов транспорта – параметры транспортного потока (интенсивность трафика, средняя скорость потока) в срезе детектирования для принятия решения по уточнению маршрута следования;
- 2) от детекторов занятости парковочного пространства – наличие и локализация свободных мест для парковки;
- 3) от комплексов фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения – установленный скоростной режим (впрочем, при повышении доли беспилотного транспорта в общем потоке этот тип периферийного оборудования будет не нужен);
- 4) от табло отображения информации – при возможности формализации представленной информации (например, схемы с описанием маршрута);
- 5) от управляемых дорожных знаков – формализованное описание того, что изображено на знаке;
- 6) от дорожного контроллера – текущие и перспективные на несколько тактов вперёд значения длительности фаз на светофорном объекте;
- 7) от автоматической дорожной метеостанции – текущая дорожная обстановка в аспекте метеоусловий, а также прогноз на ближайшее время;

- 8) от комплекса весогабаритного контроля – разрешённые параметры веса и габаритов.

Наиболее интересным в контексте организации дорожного движения на улично-дорожной сети в населённых пунктах и особенно крупных городах является дорожный контроллер, управляющий светофорным объектом. Этот тип периферийного оборудования имеет полную информацию о том, как организована работа светофоров на перекрёстке, какая используется длительность фаз и циклов. Поэтому передача информации о текущих и следующих фазах всем приближающимся к перекрёстку беспилотным автомобилям будет способствовать более взвешенному и эффективному принятию решений о проезде перекрёстка системами управления каждым беспилотным транспортным средством. Что, само собой разумеется, повысит общую эффективность и безопасность дорожного движения.

Таким образом, в составе кооперативной ИТС должна быть подсистема обеспечения V2X-взаимодействия. Эта подсистема представляет собой что-то типа платформы, которая выполняет обеспечивающие и транспортные функции для V2X-взаимодействия. Другими словами, подсистема V2X-взаимодействия предназначена для обеспечения взаимодействия между акторами, участвующими в организации, управлении и непосредственном исполнении дорожного движения взаимодействия по гетерогенным протоколам и разнообразным регламентам в целях повышения безопасности и эффективности дорожного движения, а также повышения качества предоставляемых транспортных услуг.

Функциональным назначением подсистемы V2X-взаимодействия является предоставление разнообразным акторам транспортной платформы для осуществления такого взаимодействия и выполнение обеспечивающих функций для контроля и журналирования транзакций в процессе осуществления взаимодействия, а также непосредственное участие в V2X-взаимодействии со стороны центральной системы управления (C2V-взаимодействие).

Эксплуатационным назначением подсистемы V2X-взаимодействия является повышение безопасности и эффективности дорожного движения, а также качества предоставляемых транспортных услуг за счёт своевременного распространения релевантной информации среди подключённых и высокоавтоматизированных транспортных средств.

Подсистема обеспечения V2X-взаимодействия выполняет следующие функции:

- 1) *регистрация актора V2X*. Любой актор V2X-взаимодействия должен быть зарегистрирован в подсистеме V2X-взаимодействия, для того чтобы его транзакции фиксировались, а информация о них использовалась как для построения отчётности и принятия решений, так и для использования другими акторами в своих нуждах. В том числе для каждого актора определяются его полномочия в сети V2X-взаимодействия. Это обеспечивающая функция, которая необходима для выполнения всей другой функциональности подсистемы V2X, поэтому её реализация обязательна. Кроме того, регистрация актора взаимодействия фиксирует возможных акторов, что даёт информацию для разбора происшествий, а это, в свою очередь, повышает безопасность дорожного движения;
- 2) *регистрация варианта взаимодействия акторов друг с другом*. Из акторов, взаимодействующих посредством V2X-технологий, формируется сеть взаимодействия и многоагентная система, в которой каждый канал взаимодействия должен быть идентифицирован в целях обеспечения безопасности осуществления транзакций. Регистрация варианта взаимодействия производится при помощи назначения идентификатора связи между двумя конкретными акторами V2X. Это обеспечивающая функция, которая необходима для выполнения всей другой функциональности подсистемы V2X, поэтому её реализация обязательна. Кроме того, регистрация варианта взаимодействия между акторами фиксирует возможные пути осуществления транзакций, что даёт информацию для разбора происшествий, а это, в свою очередь, повышает безопасность дорожного движения;
- 3) *регистрация протокола взаимодействия акторов друг с другом*. Для каждой связи между акторами в процессе V2X-взаимодействия необходима регистрация протокола такого взаимодействия для контроля осуществляемых в процессе взаимодействия транзакций. Открытые протоколы необходимы для обеспечения прозрачности взаимодействия и, как следствие, повышения безопасности такого взаимодействия. В том числе посредством журналирования транзакций для последующих разборов в случае произошедших

нештатных ситуаций. Это обеспечивающая функция, которая необходима для выполнения всей другой функциональности подсистемы V2X, поэтому её реализация обязательна. Эта функция необходима центральной системе управления для осуществления опосредованного V2X-взаимодействия между акторами, протоколы которых несовместимы друг с другом, поэтому она косвенно влияет на эффективность дорожного движения и качество предоставляемых транспортных услуг;

- 4) *регистрация структур данных (программных интерфейсов), которыми акторы обмениваются друг с другом.* Так же как и в случае протокола, регистрации на платформе V2X подлежат и интерфейсы акторов, при помощи которых они взаимодействуют друг с другом. Под интерфейсом в этом случае понимается набор структур данных и связанных с ними функций. Структуры данных предназначены для информационного обмена между акторами. Функции предназначены для вызова в целях передачи информационного или управленческого воздействия. Это обеспечивающая функция, которая необходима для выполнения всей другой функциональности подсистемы V2X, поэтому её реализация обязательна. Эта функция необходима центральной системе управления для осуществления опосредованного V2X-взаимодействия между акторами, интерфейсы которых несовместимы друг с другом, поэтому она косвенно влияет на эффективность дорожного движения и качество предоставляемых транспортных услуг. Кроме того, эта функция необходима для интеграции с технологической платформой «АвтоДата»;
- 5) *обеспечение взаимодействия акторов друг с другом.* В случае если акторы, которым необходимо взаимодействовать, не могут сделать это напрямую из-за несовместимых протоколов, то обеспечить их взаимодействие можно через V2X-платформу посредством организации двухступенчатого процесса передачи информации от одного актора к другому (и обратно). В этом случае V2X-взаимодействие преобразуется в схему V2C+C2X, где C – центральная подсистема управления ИТС, в которой имеется подсистема V2X. Именно для обеспечения работоспособности этой функции необходима регистрация как акторов, так и их протоколов

и интерфейсов. Это функция посреднической деятельности, которая фактически организует V2X-взаимодействие между несовместимыми друг с другом акторами. Именно для организации такого взаимодействия между любыми акторами в принципе и необходимы предыдущие функции. Для ИТС это означает повышение качества обслуживания пользователей и повышение эффективности работы ИТС в целом. Безопасность дорожного движения также повышается, но опосредованно;

- 6) *широковещательное распространение структурированной информации.* Любой актор, у которого есть полномочия, может устроить широковещательное распространение структурированной информации для всех, кому эта информация будет релевантна. Если актор предполагает, что его информация может быть интересна неограниченному кругу других акторов, он передаёт её в центральную систему для широковещательного распространения. Центральная система проверяет полномочия актора и релевантность информации, а затем рассылает её по всей сети. Это тоже функция посреднической деятельности, когда центральная система управления берёт на себя вопрос широковещательного распространения информации для всех акторов, которых можно выбирать по разным условиям (конкретные типы транспортных средств, находящиеся в одной зоне, и т. д.). В этом случае центральная система управления проверяет полномочия и осуществляет рассылку информации. Эта функция повышает качество обслуживания пользователей и опосредованно влияет на безопасность и эффективность;
- 7) *направление директивного управленческого воздействия на автомобиль.* Также любой актор, у которого есть полномочия, может организовать директивное воздействие на конкретное транспортное средство (подключённое или высокоавтоматизированное) для выполнения определённых действий. В этом случае опять взаимодействие осуществляется через V2X-платформу, которая проверяет полномочия и пересылает директивное воздействие на транспортное средство для исполнения. Важная функция директивного управления, которая может быть задействована центральной системой управления для безусловной остановки подключённого транспортного средства или других действий

в случаях, когда центральная система управления лучше понимает общую ситуацию и прогнозирует возникновение чрезвычайной ситуации, если не произвести директивное воздействие. Функция является существенной для повышения безопасности дорожного движения;

- 8) *широковещательное и директивное информирование пассажиров*. В целях информирования водителя или пассажиров высокоавтоматизированных и (или) подключённых транспортных средств может осуществляться как направленная, так и широковещательная передача информации. В этом случае центральная система управления рассылает сообщения тем транспортным средствам, для пассажиров которых информация релевантна, а транспортное средство, получив её, предоставляет информацию своим пассажирам. Если такую широковещательную передачу желает осуществить какой-то иной актор, то центральная система управления проверяет полномочия и в случае возможности подтверждает права актора на широковещательное информирование пассажиров. Информационная функция, которая позволяет довести до водителей и пешеходов информацию, причём как в широковещательном режиме для всех транспортных средств или каких-то их подмножеств, так и для конкретных подключённых транспортных средств. Эта функция повышает качество обслуживания пользователей и опосредованно эффективность дорожного движения и его безопасность (в меньшей мере);
- 9) *интеграция с платформой «АвтоДата»*. Телематическая платформа «АвтоДата» – это российская сервисная навигационно-телематическая платформа, обеспечивающая формирование массива статистических и аналитических данных о колёсных транспортных средствах, дорожной инфраструктуре и иной информации в транспортной сфере, связанной с логистикой людей и вещей. Внедрение платформы «АвтоДата» планируется в 2022 г. на федеральном уровне. Предполагается, что все системы класса ИТС должны будут взаимодействовать с этой платформой, поэтому V2X-подсистема также должна иметь возможность интеграции с ней. Обеспечивающая функция, которая позволяет осуществить интеграцию с федеральной телематической платформой, в которой ведётся вся информация о транс-

портной отрасли в России. Эта функция – базис для работы с платформой «АвтоДата», поэтому она косвенно влияет на все три ключевых параметра – безопасность, качество и эффективность дорожного движения;

- 10) *передача в платформу «АвтоДата» релевантной информации о V2X-взаимодействии.* Интеграция с телематической платформой «АвтоДата» предполагает передачу в неё всей релевантной информации о дорожном движении и дорожной обстановке на улично-дорожной сети. Подсистема V2X-взаимодействия должна осуществлять такую передачу либо непосредственно о каждой транзакции, либо пакетно передавать агрегированные данные за некоторый период времени. Важная интеграционная функция, обеспечивающая наличие в телематической платформе «АвтоДата» актуальной информации о состоянии дорожного движения в конкретном населённом пункте в конкретный срез времени. Это позволит как прогнозировать развитие дорожной обстановки в этом населённом пункте (качество и эффективность), так и использовать большие данные для обучения систем искусственного интеллекта для поддержки принятия решений (качество и безопасность);
- 11) *получение из платформы «АвтоДата» релевантной информации о состоянии дорожного движения и распространение её по сети подключённых транспортных средств.* Также из телематической платформы «АвтоДата», с которой осуществлена интеграция, можно получать информацию о состоянии дорожного движения и другую релевантную информацию о том, что происходит на улично-дорожной сети, и использовать эту информацию как для прогнозирования развития дорожной обстановки, так и для передачи на подключённые транспортные средства для принятия ими своевременных решений для повышения общей эффективности и безопасности дорожного движения. Ещё одна важная интеграционная функция, которая обеспечивает получение релевантных данных из телематической платформы «АвтоДата», которые затем могут использоваться центральной системой управления как для распространения непосредственно по акторам в сети V2X, так и для принятия решений по организации и управлению дорожным движением с последующим оповещением акторов посредством дирек-

тивных воздействий или широковещательной передачи. Функция одинаково обеспечивает безопасность, качество и эффективность дорожного движения;

- 12) *передача телематической информации о состоянии автомобиля, параметрах его маршрута, окружающей среде в центральную систему управления.* Подключённое транспортное средство должно с некоторой периодичностью передавать в центральную управляющую систему телематическую информацию о своём состоянии и параметрах своего маршрута. Также в состав этой информации можно включать данные об окружающей среде в рамках той модели, которую строит подключённое транспортное средство в случаях, если собирает такие данные (например, в случае беспилотного движения). Центральная система управления может использовать эти данные для оценки обстановки и директивных команд для транспортных средств, принять те или иные меры для предотвращения различных ситуаций. Информация об окружающей обстановке используется для актуализации карты на микроуровне и микромоделей для прогнозирования. Подключённые транспортные средства передают в центральную систему управления информацию о своём состоянии и состоянии окружающей среды, что даёт центральной системе управления возможность обновления оперативных данных (в том числе и в телематической платформе «АвтоДата») для более качественного принятия решений по управлению дорожным движением. Эта функция повышает безопасность и эффективность дорожного движения в средней степени, а также повышает качество предоставления транспортных услуг в высокой степени;
- 13) *передача от автомобиля в центральную систему управления информации об окружающем пространстве для актуализации карты и транспортной модели на микроуровне.* Автомобиль высокой степени автономности всегда строит оперативную модель окружающего пространства, и эта модель может использоваться в центральной системе управления для актуализации карты местности и динамической транспортной модели на микроуровне, поэтому данные модели могут передаваться от транспортного средства в центр. Центральная система управления может собирать данные об окружающей обстановке от каждого подключённого транспортного

средства, чтобы обновлять оперативную карту местности и собирать актуальные данные для использования в транспортной модели на микроуровне для прогнозирования развития обстановки в локальных местах с дальнейшей передачей прогноза на подключённые транспортные средства. Эта функция является важной для обеспечения безопасности, повышения эффективности и качества;

- 14) *обновление карты и дорожной обстановки, в том числе и информации о временных ограничениях, путях объезда и т. п. по информации от центральной системы управления.* Центральная система управления должна передавать на все подключённые транспортные средства информацию с обновлением карты местности, где эти транспортные средства находятся и куда следуют, в том числе в такой передаче данных должна быть информация о временных ограничениях, местах проведения строительных работ, движении техники ЖКХ, оперативном прогнозе погоды, дорожной обстановке, путях объезда заторов, а также любая другая оперативная информация для принятия решения транспортными средствами. Набор передаваемой информации может настраиваться в процессе функционирования V2X-платформы. Центральная система управления передаёт подключённым транспортным средствам необходимую оперативную информацию для принятия транспортными средствами решений по движению в той дорожной обстановке, информацию о которой передаёт центр. Это позволяет более качественно принимать решения, в том числе и в условиях неопределённости, когда получаемая из центра информация снижает степень неопределённости. Функция повышает и безопасность, и эффективность дорожного движения, а также качество предоставления транспортных услуг;
- 15) *передача от центральной системы управления на транспортное средство информации о траекториях окружающих его транспортных средств.* В случаях, когда это возможно, центральная система управления может передавать на подключённые транспортные средства информацию о траекториях движения всех других подключённых транспортных средств, которые окружают первое. В этом случае это подключённое транспортное средство может использовать данную информацию для более точного принятия решений

о том, как действовать в сложившейся оперативной обстановке, что, несомненно, повышает безопасность дорожного движения. Также центральная система управления может раздавать подключённым транспортным средствам информацию о траекториях движения других подключённых транспортных средств, которые находятся в непосредственной близости. Эта функция также влияет на безопасность дорожного движения в высокой степени, его эффективность и качество транспортных услуг;

- 16) *передача информации для пополосного управления подключёнными транспортными средствами.* Для многополосных проезжих частей центральная система управления может отправлять на подключённые транспортные средства информацию о том, какую полосу занимать перед перекрёстком, для того чтобы оптимизировать проезд перекрёстка всем потоком автомобилей, в том числе и в зависимости от направления движения транспортных потоков по полосам. В случае если подключённые транспортные средства передвигаются по многополосным дорогам, центральная система управления, охватывая всю ситуацию в целом на каждом светофорном объекте, может передавать транспортным средствам информацию о рекомендуемых полосах для движения с учётом направления. Это позволит повысить эффективность дорожного движения в первую очередь и, как следствие, качество предоставления транспортных услуг;
- 17) *передача на транспортное средство директивных управляющих воздействий в случае необходимости.* Если центральная система управления полагает, что какому-то подключённому транспортному средству следует немедленно остановиться или выполнить какие-то иные манёвры для обеспечения безопасности дорожного движения, решение о чём не может быть принято самим транспортным средством в силу каких-либо обстоятельств, то центральная система управления может направить на конкретные транспортные средства или всё их множество директивные управляющие воздействия для выполнения определённых действий. Также эта функция является важной функцией директивного управления, которая может быть задействована центральной системой управления для безусловной остановки подключённых транспортных средств или других действий

в случаях, когда центральная система управления лучше понимает общую ситуацию и прогнозирует возникновение чрезвычайной ситуации, если не произвести такое директивное воздействие. Функция является существенной для повышения безопасности дорожного движения;

- 18) *передача разнообразной информации для доведения до пассажиров*. Центральная система управления также может передать для водителей и пассажиров подключённых транспортных средств (конкретных, либо находящихся в определённой области, либо какого-то конкретного типа, либо всем на сети дорог) некоторое информационное сообщение, которое автомобиль при получении доводит до водителя и пассажиров доступными ему средствами. Информационная функция, которая позволяет довести до водителей и пешеходов информацию, причём как в широкоэмитальном режиме для всех транспортных средств или каких-то их подмножеств, так и для конкретных подключённых транспортных средств. Эта функция повышает качество обслуживания пользователей и опосредованно эффективность дорожного движения и его безопасность (в меньшей мере).

Вместе с тем вполне резонной является критика парадигмы I2V-взаимодействия, основанная на том, что все периферийные устройства ИТС подключены к центральной системе управления, а потому организацию взаимодействия можно осуществлять по схеме C2V, то есть из центра к беспилотному автомобилю. Это на самом деле возможно и на первых этапах внедрения беспилотного автомобильного транспорта, вероятно, действительно будет более экономически эффективно. Однако на такую критику можно привести как минимум три контраргумента.

Во-первых, «умная» инфраструктура не ограничивается периферийным оборудованием ИТС. В будущем необходимо разработать и использовать «умные» дорожные знаки и указатели и даже «умную» разметку. Фактически это использование методологии «интернета вещей» в применении к организации дорожного движения. Обычный дорожный знак останется дорожным знаком для водителя-человека, но превратится в специальную метку для системы управления беспилотным автомобилем, которой не придётся пытаться распознать визуальное изображение через туман и грязь. Дорожная разметка будет «ощущаться» беспилотными автомобилями в любых условиях посредством радиодиапазона.

Во-вторых, связь с центром может пропадать или вовсе быть недоступна для некоторых локаций. Те же дорожные контроллеры должны уметь работать в локальном режиме управления, чтобы продолжать осуществлять свою функцию по организации дорожного движения на светофорном объекте даже в условиях отсутствия связи с центральной системой управления. Почему в такой возможности надо отказывать беспилотным автомобилям? Для того чтобы быть действительно интеллектуальными, им в первую очередь необходимо быть автономными.

Наконец, в-третьих, сама по себе децентрализация и окончательные вычисления являются мощным трендом в современном состоянии технологии создания информационных систем. Сама идея многоагентной кооперативной ИТС, в рамках которой многочисленные агенты различных классов взаимодействуют друг с другом для достижения как своих частных целей, так и ради повышения «всеобщего блага», под которым понимается эффективность функционирования всей системы в целом со всеми её эмерджентными свойствами, несводимыми к сумме свойств каждого агента в отдельности.

Таким образом, I2V-взаимодействие станет одной из основ, на которых будет покоиться процесс постепенного внедрения беспилотного автомобильного транспорта на дороги общего пользования. Поэтому уже сегодня разработчикам ИТС и производителям периферийного оборудования необходимо задуматься о добавлении новой функциональности в свои системы и устройства. А транспортные инженеры и проектировщики транспортных систем при разработке планов комплексного развития транспортной инфраструктуры, комплексных схем организации дорожного движения, комплексных схем общественного транспорта, проектов автомобильных дорог и систем управления дорожным движением на них должны учитывать существующие тренды и направление научно-технического прогресса, закладывая в разрабатываемые проекты возможности по использованию беспилотного транспорта.

5.1.2. Мультисенсорная интеграция

Транспортная безопасность – один из важнейших аспектов транспортной отрасли в целом, поскольку транспортная система в том числе предназначена для безопасного (в дополнение к эффективному) перемещения пассажиров и грузов из начальной в конеч-

ную точку. Сегодня задача транспортной безопасности становится всё более и более актуальна, так как повышается как сложность транспортной системы на любом уровне рассмотрения (от местного и регионального до общемирового), так и появляются новые риски и угрозы для всех участников транспортных отношений. Более того, новые технологии всегда имеют оборотную «тёмную» сторону, а потому транспортная безопасность должна рассматриваться и под новыми углами зрения, включающими в том числе информационную безопасность.

Распознавание образов – это задача, решение которой важно для многих отраслей человеческой деятельности. Фактически в любом месте, где для принятия каких-либо решений используется визуальное наблюдение за сценой, на которой виден объект мониторинга или управления, можно использовать те или иные технологии распознавания образов и видеоаналитики. Сфера транспортной безопасности не является исключением, так как часто именно визуальный мониторинг периметров и объектов транспортной инфраструктуры и подвижных единиц является основой для эффективного контроля рисков и предотвращения угроз на транспорте. А сегодня в связи с существенным развитием методов искусственного интеллекта для решения задачи распознавания образов использование систем видеоаналитики становится крайне эффективным с любой точки зрения.

В области транспортной безопасности у систем видеоаналитики и распознавания образов имеется значительное число возможных применений. В первую очередь речь идёт о массовом контроле зон транспортной безопасности при помощи видеокамер без необходимости привлекать огромное количество операторов для непрерывного наблюдения. Тем более что человек не сможет удерживать внимание на должном уровне, а потому его эффективность не сравнится с искусственным когнитивным агентом, который одновременно может обслуживать произвольное количество видеокамер, может детектировать заданные инциденты и при этом никогда не отвлекается. Само собой разумеется, что человек-оператор в любом случае остаётся, так как система видеоаналитики выводит ему тревожный сигнал в случае обнаружения угрозы для контроля и принятия решения о реагировании.

Сегодня развитие методов искусственного интеллекта дошло до того уровня, что в некоторых задачах распознавания образов искусственные когнитивные агенты уже превосходили человека

в точности. Такие высокоточные агенты основаны на искусственных нейронных сетях глубокого обучения, которые предварительно обучают для решения задач видеоаналитики в динамике и используют для детектирования инцидентов различных типов и классов. Несмотря на то что сами по себе глубокие нейронные сети являются достаточно энергоёмким решением, это относится только к их обучению. Обученный искусственный когнитивный агент на нейронных сетях может работать в обычных условиях эксплуатации, не предъявляя повышенных требований к вычислительным мощностям и коммуникационным линиям.

Вместе с тем в некоторых случаях точность распознавания образов оставляет желать лучшего. Более того, для решений в области видеоаналитики, основанных на нейросетевом подходе, есть так называемые состязательные атаки, при помощи которых недоброжелатели могут попытаться взломать системы распознавания образов, что приведёт к существенному увеличению проявлений ошибок первого рода, когда система распознаёт несуществующий инцидент, а также ошибок второго рода, когда система не распознаёт существующий инцидент. Второй вариант намного болезненнее для общей безопасности, однако контроль проявлений ошибок второго рода крайне затруднителен. Состязательные атаки могут использоваться для маскировки объектов и действий, совершаемых перед видеокамерами системы видеоаналитики, основанной на технологиях компьютерного зрения.

Одним из вариантов решения этой проблемы является так называемая мультисенсорная интеграция. Будучи основанной на биологической аналогии в деятельности центральной нервной системы человека и высших животных, мультисенсорная интеграция находит своё место среди технологий искусственного интеллекта. Идея довольно проста – для целостного восприятия окружающей среды у агента осуществляется слияние информационных потоков от сенсоров различной модальности в единое информационное представление окружения агента для его более точного ориентирования и более эффективного принятия решений в кратчайшие временные интервалы. Например, обычный человек воспринимает окружающую реальность одновременно как минимум в трёх или четырёх модальностях – при помощи зрения, слуха, тактильного и проприоцептивного ощущений, – подключая при необходимости другие имеющиеся в его распоряжении сенсорные модальности.

Искусственный когнитивный агент также может использовать технологии мультисенсорной интеграции для решения своих задач. В частности, хорошо известно, что беспилотные автомобили обладают различными сенсорами для построения модели окружающей реальности – это видеокамеры, лидары, GPS-навигаторы и V2X-взаимодействие с окружающими агентами. Информация, получаемая со всех этих сенсорных модальностей, объединяется для построения локальной карты окружающей среды, в которой находится беспилотный автомобиль, её постоянного обновления в целях моделирования будущих ситуаций, планирования и принятия решений по дальнейшему движению автомобиля. То же самое можно применять и в искусственных когнитивных агентах, осуществляющих мониторинг в целях обеспечения транспортной безопасности.

Общий принцип применения мультисенсорной интеграции для повышения точности распознавания образов состоит в следующем. Система аналитики сцены теперь должна иметь не только сенсоры в визуальной модальности (видеокамеры), но и другие сенсоры, которые также могут сделать вклад в общее описание сцены. Именно поэтому теперь система не может называться «системой видеоаналитики», так как аналитика становится мультисенсорной. Поэтому такая система должна называться «системой мультисенсорной аналитики», и она представляет собой интегративный комплекс распознавания инцидентов на наблюдаемой сцене при помощи нескольких сенсорных модальностей за счёт их интеграции в единое описание сцены и анализируемых ситуаций на ней.

С математической точки зрения речь идёт о задаче объединения свидетельств при поступлении новой информации в дополнение к имеющимся факторам. Это принципиально решённая задача в рамках искусственного интеллекта, для которой имеется значительное число методов – в первую очередь это метод наивной байесовской классификации и метод байесовских сетей доверия. Объединение свидетельств предполагает, что в случае, когда когнитивный агент воспринимает при помощи своих сенсоров некоторые сцены из окружающего его пространства, информацию в этих сценах можно объединить для выявления в них определённых паттернов, и это объединение происходит с повышением степени уверенности агента в полученной информации. Дело в том, что агент всегда действует в условиях неопределённо-

сти, и при получении сенсорной информации он выстраивает некоторое вероятностное распределение возможностей того, что он ощущает через свои сенсорные каналы. И мультисенсорная интеграция как раз и позволяет сузить вероятностное пространство выбора, повысив степень уверенности агента в воспринимаемой информации практически до 100 %.

В области транспортной безопасности для технологий распознавания образов и мультисенсорной интеграции можно выделить следующие классы задач:

- 1) контроль объектов безопасности и инцидентный анализ происходящего в фокусе внимания сенсоров системы транспортной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры;
- 2) распознавание лиц пассажиров для их идентификации на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры;
- 3) построение целостного описания окружающей сцены и актуализация оперативной карты для принятия решений искусственным интеллектуальным агентом, управляющим беспилотным автомобилем.

Все эти задачи могут быть более эффективно решены при помощи сенсорной интеграции. Далее будут рассмотрены все три перечисленных случая, и к каждому из них будут даны примеры и предложения о дополнительных сенсорах, которые могут повысить точность распознавания образов и увеличить степень уверенности искусственного когнитивного агента в результатах распознавания.

Для инцидентного анализа, происходящего на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры, в дополнение к видеонаблюдению можно использовать радиолокационные и акустические сенсоры, газоанализаторы и сенсоры радиоволн, выпускаемых носимыми устройствами у людей (Bluetooth, Wi-Fi и др.). Например, для контроля зон подхода к критическим объектам транспортной инфраструктуры (например, к мостам и другим подобным искусственным сооружениям) целесообразно использовать видеонаблюдение, радиолокационное и акустическое наблюдение в интегрированном режиме. Для контроля зон внутри помещений вместе с видеонаблюдением можно использовать акустический контроль, газоанализаторы и сенсоры гаджетов.

Распознавание лиц пассажиров может быть объединено с сенсорами гаджетов – это позволит объединять свидетельства в час-

ти идентификации лиц, находящихся в розыске, либо выявления случаев намеренного введения системы видеонаблюдения и распознавания в затруднение при помощи методов состязательных атак. Кроме того, интеграция этих модальностей может выдавать оператору сигнал в случаях, когда по двум сенсорным каналам приходит противоречивая информация – осязаемый сенсорами гаджет принадлежит другому лицу, нежели распознаётся видеоаналитикой.

Для управления беспилотным автомобилем мультисенсорная интеграция должна использовать как три канала «зрительной системы» – видеокамеры, радары и лидары, так и такие сенсоры, как GPS-навигация и V2X-взаимодействие с окружающими акторами. Также в этой задаче могут помочь акустические анализаторы, но данный вопрос ещё требует более детального исследования.

Таким образом, как следует из вышеприведённых рассуждений, на текущий момент в области мультисенсорной интеграции имеется как концептуальное понимание принципов её работы и необходимости применения, так и готовый математический аппарат для этого. Вместе с тем разработчики программных систем для распознавания образов, в том числе и для задач транспортной безопасности, пока не принимают всерьёз возможности, которые предоставляет мультисенсорная интеграция для повышения точности распознавания образов и решения прикладных задач.

Кроме транспортной безопасности в общем виде, мультисенсорная интеграция может применяться в высокоавтоматизированных и беспилотных транспортных средствах для повышения точности распознавания и описания окружающей обстановки. Ведь в настоящее время актуальнейшим научным и технологическим вопросом является запуск полноценного беспилотного движения автомобильного транспорта на дорогах общего пользования. Большое количество как производителей автомобилей, так и технологических компаний занимаются разработкой систем для беспилотного движения. Уже сегодня на улично-дорожных сетях пилотных городов по всему миру, в том числе и в России, ездят беспилотные автомобили в тестовом режиме. Более того, производители беспилотных систем для автомобильного транспорта готовы уже сегодня запустить свои разработки в постоянную эксплуатацию для решения транспортных задач.

Широко используемой технологией для ориентации беспилотных автомобилей в окружающем пространстве является техноло-

гия распознавания образов, которая сегодня базируется на применении нейросетевых методов глубокого обучения. Фактически распознавание образов для ориентации беспилотных автомобилей в пространстве сводится к выделению на воспринимаемой через видеокамеру сцене объектов (выделение объектов из фона) и отнесению выделенных объектов к заранее определённым классам (классификация распознанных образов). С технологической точки зрения эти задачи эффективно решены, и постоянно появляются новые методы для повышения точности распознавания и классификации.

Для выделения объектов на фоне и распознавания образов сейчас применяются искусственные нейронные сети со свёрточной архитектурой. Разнообразные свёрточные нейронные сети на данный момент являются наилучшими инструментами решения различных задач компьютерного зрения. Свёрточные нейронные сети позволяют для отдельных задач получить точность распознавания визуальных образов выше, чем это делает человеческий глаз.

Действительно, сама по себе свёрточная архитектура нейронных сетей основана на устройстве зрительной коры головного мозга млекопитающих. Основной особенностью этой архитектуры является то, что в ней слой за слоем осуществляется операция свёртки (отсюда и наименование), которая позволяет выделять абстрактные характеристики воспринимаемых изображений. И чем глубже слой нейронной сети, тем более абстрактными становятся распознаваемые нейронами этого слоя характеристики. Абстрактность характеристик означает, что на глубинных уровнях уже не важно – как сдвинут, повернут или масштабирован объект на сцене, соответствующий нейрон всё равно возбудится, если объект присутствует на ней. Эта находка стала прорывом в области решения задач распознавания образов.

Беспилотные автомобили используют технологию распознавания образов для ориентирования в пространстве. Это главная задача компьютерного зрения, используемого в бортовых системах беспилотных транспортных средств. Ориентирование в окружающей среде подразумевает постоянное обновление оперативной карты локального участка вокруг транспортного средства с нанесением на неё всех помех и динамических объектов, которые участвуют в дорожном движении. Важность этой задачи обусловлена тем, что в процессе движения беспилотного автомобиля обозреваемая им сцена является важным источником информа-

ции для принятия решений о том, как осуществлять управление шасси транспортного средства, чтобы сделать поездку безопасной и эффективной.

Современные разработчики беспилотных автомобилей в своём большинстве используют для ориентирования в пространстве именно системы компьютерного зрения. Однако эта технология имеет существенные недостатки, которые делают её плохо применимой в так называемых областях доверия, к которым относится и управление беспилотными автомобилями при их движении по дорогам общего пользования. Это состязательные атаки на системы компьютерного зрения, суть которых заключается в демонстрации видеокамерам автомобиля специально сконструированных изображений, для того чтобы ввести блок принятия решений беспилотного автомобиля в заблуждение относительно того, что происходит вокруг него.

Поскольку дороги общего пользования представляют собой места с возможностью доступа любого лица, не вызывает сомнений то, что состязательными атаками смогут воспользоваться злоумышленники для нарушения работы как беспилотных автомобилей или транспортной отрасли в частности, так и социума в целом для достижения своих неблагоприятных целей. Поэтому при реализации задачи доверия, которой является перевозка пассажиров или грузов по дорогам общего пользования, риск воздействия на системы компьютерного зрения беспилотных автомобилей должен быть существенно снижен до пренебрежимо малого значения.

Одним из методов снижения указанного риска является использование V2X-взаимодействия, о чём всё больше и больше начинают задумываться производители беспилотного транспорта после проработки этих вопросов в научной литературе. V2X-взаимодействие позволяет в том числе заранее передавать транспортным средствам информацию, которой они ещё не владеют, но которая потребуется им в самом ближайшем будущем для принятия оперативных решений по движению. Вместе с тем само по себе V2X-взаимодействие между акторами на автомобильной дороге может рассматриваться в рамках более общего метода снижения целого комплекса рисков, существующих у беспилотного движения, а именно мультисенсорной интеграции.

Мультисенсорная интеграция – это слияние информации, получаемой с датчиков разной модальности, а также взаимное обогащение такой информации для получения целостного опи-

сания картины окружающей реальности. Слияние и обогащение информации могут осуществляться на нескольких уровнях представления – от низкого (телематические данные с сенсоров) до высокого (понятийная информация для принятия решений). С точки зрения математики мультисенсорная интеграция представляет собой использование всей доступной с сенсоров разной модальности информации, полученной в один временной срез, для построения абстрактного описания окружающей среды на каком-либо формальном языке – логике высказываний, логике первого порядка и т. п., либо в виде неявного знания, полученного в процессе машинного обучения.

Простейшим примером мультисенсорной интеграции является человек. При его взрослении и обучении такая интеграция осуществляется в таламусе, для того чтобы визуальные образы, получаемые через глаза, сопоставлялись со звуковыми, тактильными и другими образами того же объекта. Более того, мультисенсорная интеграция у человека играет важнейшую роль в изучении языка, и письменные символы познаются через своё звучание благодаря этому механизму.

Другим примером мультисенсорной интеграции у когнитивных агентов искусственной природы может быть использование голосовым помощником (чат-ботом) информации об общающихся с ним пользователях, которую он находит в различных источниках – непосредственно во время общения с пользователями, в социальных сетях, в источниках третьих сторон. В этом случае интеграция производится по источникам информации, хотя её модальность в основном одинакова. Тем не менее это яркий пример технологии обогащения данных, которая всё чаще и чаще используется для обучения искусственных когнитивных агентов.

Если рассматривать системы управления беспилотными транспортными средствами, то здесь имеются широчайшие возможности по применению технологии мультисенсорной интеграции. В качестве сенсоров могут использоваться следующие каналы получения информации об окружающей среде:

- 1) видеокамеры, осуществляющие панорамный наружный обзор и получение 2D-сцены окружающего автомобиля пространства;
- 2) радары и лидары, которые строят профиль свободного пространства вокруг беспилотного автомобиля, осуществляя замер расстояний до располагающихся вокруг объектов;

- 3) датчики геопозиционирования (ГЛОНАСС, GPS, триангуляция по базовым станциям сотовой сети), которые позволяют с определённой точностью расположить автомобиль на карте;
- 4) датчики V2X-взаимодействия для получения дополнительной информации об окружающем пространстве и динамике развития его состояния на ближайшее будущее;
- 5) датчики внутреннего состояния узлов и агрегатов автомобиля, которые требуются для моделирования собственного состояния беспилотного транспортного средства в ближайшем будущем.

Кроме того, дополнительным источником информации является база общих знаний об окружающем мире, которая представляет собой абстрактную модель того пространства, в котором функционирует беспилотный автомобиль. Эта база знаний фактически представляет собой набор правил и отношений между объектами, при помощи которых дедуктивным образом по косвенным признакам можно вывести или утверждения, или высокодостоверные предположения о том, что происходит или будет происходить в ближайшее время, даже если прямое наблюдение недоступно для датчиков беспилотного автомобиля.

Поскольку действовать беспилотному автомобилю приходится в быстро меняющейся динамической среде, в которой объекты перемещаются с высокими скоростями, одной из серьёзных задач является построение как можно более точной 3D-модели окружающего пространства и анализа сцены. Именно в этом поможет мультисенсорная интеграция, выведя возможности анализа видеопотоков на новый уровень. Действительно, видеопоток предоставляет только двумерную информацию о сцене, воссоздать по которой 3D-сцену в динамике затруднительно. Интеграция и взаимное обогащение информации с видеокамер, радаров, GPS-датчика, V2X-каналов и внутренней базы данных модели позволит решить эту проблему.

Наличие 3D-модели наблюдаемой сцены и взаимодействующих агентов в ней позволяет не только оперативно принимать решения о том, какое действие выполнять прямо сейчас, но и прогнозировать развитие ситуации. Прогноз, в свою очередь, открывает набор возможностей по оптимизации будущих действий, планированию движения и предотвращению возникновения нежелательных ситуаций (в том числе ДТП). Кроме того, это

позволит нивелировать морально-этические аспекты выбора действий в сложных ситуациях, известных как «проблема вагонетки». Это важнейшее предназначение такой модели, построение которой возможно только при помощи мультисенсорной интеграции и взаимного обогащения данных на всех уровнях рассмотрения.

Беглый анализ открытых источников, в которых описываются принципы построения систем управления беспилотным транспортом, показал, что вопросы мультисенсорной интеграции практически не рассматриваются. Среди российских производителей только одна компания всерьёз рассматривает вопросы низкоуровневого слияния данных с сенсоров разной модальности, однако это всего лишь один из аспектов мультисенсорной интеграции. При анализе имеющихся открытых источников о технических характеристиках систем управления беспилотными автомобилями среди зарубежных производителей не обнаружено тех, кто в принципе рассматривает этот вопрос, – каждый делает ставку на какую-то одну технологию обследования окружающего пространства для точного позиционирования.

Вместе с тем, как показано выше, мультисенсорная интеграция позволит вывести решение многих задач, которые стоят перед беспилотным транспортом, на качественно новый уровень. При этом важной частью описанной технологии является V2X-взаимодействие, о чём неоднократно писали и докладывали авторы. Моделирование среды и поведения в ней взаимодействующих агентов должно стать принципиальным требованием к функционированию автономных автомобилей на дорогах общего пользования, и V2X-взаимодействие при этом становится одной из главных модальностей восприятия для прогнозирования будущего.

5.1.3. Интеллектуальные агенты и многоагентные системы

В последнее время технологии искусственного интеллекта всё сильнее и глубже проникают во все сферы человеческой деятельности, в том числе и в транспортную отрасль. Развитие понимания сущности кооперативной ИТС требует дополнительного осмысления того, как ИИ-технологии могут повысить эффективность и безопасность дорожного движения. Сегодня можно выделить два главных направления применения ИИ-технологий

в области транспорта, и оба связаны с компьютерным зрением. Во-первых, это видеоаналитика на автомобильных дорогах, которая позволяет фиксировать инциденты без участия оператора в оперативном центре. Во-вторых, это системы компьютерного зрения на беспилотных автомобилях.

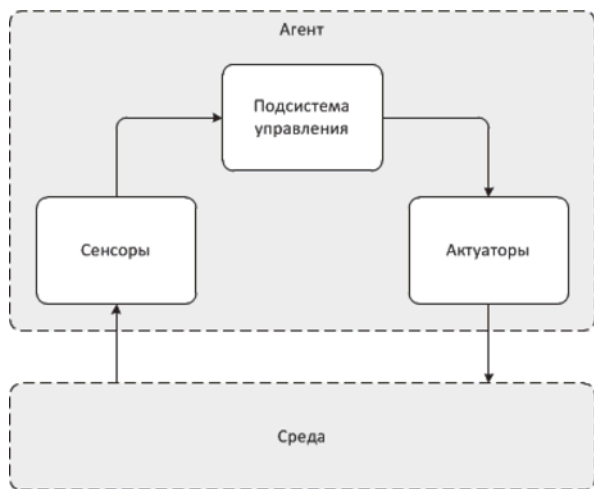
Тем не менее в рамках искусственного интеллекта существует большое количество подходов и методов, не связанных с нейронными сетями. Многие из таких методов вполне могут быть использованы в транспортной отрасли. На одном из них – многоагентных системах – заострено внимание далее в этом разделе. Делается попытка описания возможных применений теории многоагентных систем для решения некоторых задач транспортной отрасли, на основании чего возможен дальнейший переход к беспилотному и безостановочному движению.

В теории искусственного интеллекта многоагентная система – это система, состоящая из множества взаимодействующих интеллектуальных агентов, объединяемых единством целей и функционирующих в некоторой единой среде в соответствии с заранее выбранной архитектурой и схемой взаимодействия на основе единого стандарта команд и форматов передачи данных. В классическом понимании искусственного интеллекта в его нисходящей парадигме интеллектуальная система обладает глобальным видением поставленной ей задачи и имеет все ресурсы для её решения, в то время как многоагентная система решает задачу, основываясь на взаимодействии агентов, каждый из которых решает отведенную ему подзадачу. Для агентов обязательны следующие свойства:

- 1) *активность* – способность к организации и реализации действий;
- 2) *реактивность* – способность воспринимать состояние среды;
- 3) *автономность* – относительная независимость от окружающей среды;
- 4) *общительность* – взаимодействие с другими агентами, обеспечиваемое протоколами коммуникации;
- 5) *целенаправленность* – наличие собственных источников мотивации.

Агенты оснащены приложениями и устройствами, обеспечивающими выполнение пяти описанных свойств. Приборы, обеспечивающие восприятие среды, называются сенсорами. Приборы,

обеспечивающие воздействие на среду, называются актуаторами, или исполнительными устройствами. Под актором же понимаются взаимодействующие друг с другом сущности, имеющие предназначение и функции в рамках всей системы. И таким образом, если рассматривать систему в виде многоагентной системы, то акторы становятся агентами.



Классификация многоагентных систем может строиться на основе распределения задач по агентам. В зависимости того, идет ли это распределение от поставленной задачи или от целей и возможностей конкретного агента, выделяют системы распределённого решения задач и децентрализованного ИИ. В первом случае процесс декомпозиции исходной задачи и обратный процесс композиции получаемых решений носит централизованный характер. При этом многоагентная система жёстко проектируется сверху вниз на основе разбиения общей задачи на отдельные, относительно независимые подзадачи и предварительного определения ролей агентов (или заранее сформулированных к ним требований). Во втором случае распределение задач происходит в значительной степени спонтанно, непосредственно в процессе взаимодействия агентов, а при их решении порой возникают резонансные, синергетические эффекты. Также существуют и другие классификации многоагентных систем по методологии построения.

Классификация интеллектуальных агентов может быть проведена на основе их архитектуры следующим образом.

1. *Простые рефлексные агенты.* Выбирают действия на основе текущего акта восприятия, игнорируя всю остальную историю актов восприятия. Нуждаются в полностью наблюдаемом окружении.
2. *Основанные на модели рефлексные агенты.* Имеют внутри себя модель ненаблюдаемой в настоящий момент части окружения, например историю предыдущих восприятий и действий агента. Такие агенты могут действовать в условиях частично наблюдаемого окружения.
3. *Основанные на цели агенты.* Имеют информацию о цели своей деятельности и корректируют своё поведение соответствующим образом.
4. *Основанные на полезности агенты.* Подобны основанным на цели агентам, но имеют функцию полезности, которую максимизируют для выбора путей достижения цели.
5. *Обучающиеся агенты.* Могут работать в изначально неизвестных средах и становиться более компетентными по сравнению с тем, что могли бы позволить только изначальные знания агента.

Таким образом, агенты классифицируются по степени их интеллектуальности. Существует также классификация сред, в которых действуют агенты, однако здесь рассматривается только один вид среды – среда частично наблюдаемая, стохастическая, динамическая, непрерывная, так как при рассмотрении кооперативной транспортной системы в качестве многоагентной системы, а акторов дорожного движения в качестве агентов окружающая обстановка представляет собой именно этот тип среды.

Действительно, что теория многоагентных систем может дать транспортной отрасли? Существует множество моделей математического моделирования транспортных потоков, рассматривающих вопросы оптимизации дорожного движения. Эти модели могут быть использованы для построения концепции транспортной сети, по которой движутся беспилотные автомобили. Прецеденты создания опытных многоагентных робототехнических систем из набора наземных колёсных роботов говорят о том, что такая транспортная сеть может быть создана. Она будет представлять из себя многоагентную систему, в которой агентами являются все беспилотные автомобили, все объекты дорожной инфра-

структуры, организующие дорожное движение, а также, возможно, центральная система управления и участвующие в дорожном движении люди. Актуаторами автомобилей-агентов являются системы взаимодействия по каналам связи с другими агентами (V2X-взаимодействие) и колёса автомобиля, а сенсорами – системы компьютерного зрения, лидары и каналы, воспринимающие информацию от других агентов (X2V-взаимодействие).

В многоагентную транспортную систему могут входить все виды агентов, от простых рефлексных до самообучающихся, но беспилотные автомобили должны быть как минимум основанными на цели агентами. Простейшими рефлексными агентами могут быть, например, активные технические средства организации дорожного движения – «умное» периферийное оборудование автоматизированной системы управления дорожным движением. Если же в составе всего множества агентов рассматривать центральную управляющую систему, призванную оптимизировать дорожное движение и добиваться его безостановочности, то этот агент должен быть самообучающимся.

Движение беспилотных автомобилей по автомобильным дорогам осложнено рядом факторов. Во-первых, неблагоприятные климатические условия (например, снегопад, сильный дождь или туман) могут вводить в заблуждение сенсоры беспилотного транспорта – автомобиль может неправильно распознать дорожную ситуацию и создать опасность дорожно-транспортного происшествия. Кроме того, низкая культура вождения и непредсказуемость многих водителей и пешеходов могут оказаться большой проблемой для безопасного движения беспилотных автомобилей – люди, знающие, что находятся на одной дороге с беспилотником, могут с чувством безнаказанности нарушать правила дорожного движения в отношении него. Также есть проблема так называемых «оптических иллюзий», которым подвержены системы компьютерного зрения, и этой особенностью могут воспользоваться злоумышленники для непредусмотренных целей. Поэтому представляется разумным и целесообразным проектирование и конструирование транспортной сети, в которой будет сведено к минимуму присутствие людей за рулем, а взаимодействие пешеходов и пассажиров с системой дорожного движения будет возможно только в определённых местах. Впрочем, это, скорее, вопрос более отдалённого будущего.

Переход к полностью беспилотному движению не произойдёт одномоментно. В этой области ожидается так называемый «пе-

реходный период», в течение которого на дорогах общего пользования будет появляться всё больше и больше беспилотных автомобилей, пока все 100 % автомобилей не станут автономными беспилотниками. И здесь есть нюанс, который отмечают многие исследователи и транспортные инженеры, – первым беспилотным автомобилям придётся намного тяжелее в той среде, в которой они будут функционировать.

Поэтому для перехода к полностью беспилотному движению необходимо постепенно строить многоагентную кооперативную ИТС на основе описанных выше агентов. Некоторые системы, реализующие часть функциональности ИТС, уже существуют – для них характерна низкая интеграция подсистем, малая функциональность, малое количество объектов в сети. Примерами таких систем могут быть, например, система автоматической оплаты проезда по платной дороге или отдельные беспилотные автомобили.

Переход к беспилотному и безостановочному движению может быть выполнен только путем повышения сложности кооперативной ИТС. Система должна стать полносвязной, то есть любая информация, зародившаяся в любой из подсистем ИТС, может быть использована в другой подсистеме ИТС – без необходимости создания дополнительного интеграционного потока. Система должна стать полностью интегрированной, то есть все участвующие в дорожном движении неживые объекты должны быть связаны друг с другом стандартными протоколами связи, и информация от всех этих объектов должна учитываться в планировании дорожного движения. Это также означает, что ИТС должна объединять транспортные средства всех модальностей, а не только, например, легковые автомобили или общественный транспорт. Построив транспортную систему, состоящую из интеллектуальных беспилотных автомобилей, поддерживающих связь друг с другом и такой же «умной» инфраструктурой дороги, можно добиться полностью беспилотного и безостановочного дорожного движения. Масштаб такой кооперативной ИТС может быть разным – от пары кварталов до всей дорожной сети страны. Масштабирование будет вестись добавлением новых интеллектуальных агентов в транспортную сеть. В качестве эксперимента можно построить такую ИТС на небольшой территории – например, в нескольких кварталах модельного «умного города».

Вместе с тем при построении многоагентной кооперативной ИТС необходимо решить также и вопросы, связанные с правовым

обеспечением и информационной безопасностью. Практически нигде в мире, в том числе и в России, ещё не разработано необходимого законодательства, в котором ИИ-системы являются объектами или даже субъектами права, поэтому при их использовании применяются общие положения Гражданского кодекса. Однако новые законы в этой области будут необходимы, потому что участие ИИ-систем в дорожном движении влечёт их ответственность по аналогии с ответственностью живых водителей и пешеходов, и говорить об ответственности кого бы то ни было из физических или юридических лиц, в случае если беспилотный автомобиль самостоятельно принимает решения, довольно затруднительно.

Например, можно выделить ИИ-системы в новый субъект права наряду с физическими и юридическими лицами. В то же время стоит помнить, что сенсоры агентов многоагентной кооперативной ИТС точнее и быстрее, чем органы чувств и реакция водителя соответственно, поэтому аварийных ситуаций в такой ИТС будет во много раз меньше, чем в транспортной сети с участием живых водителей. Более того, разработчики систем управления беспилотных автомобилей и центральной системы управления должны делать акцент на функции предотвращения аварийных ситуаций, так как у интеллектуальных агентов должна иметься такая возможность.

Что касается информационной безопасности, то вызывает опасение возможность перехвата злоумышленниками контроля над многоагентной кооперативной ИТС или её подсистемами. Над созданием такой ИТС, помимо прочих, должны работать квалифицированные специалисты в области защиты данных, потому что злоумышленники могут нанести существенный вред людям и инфраструктуре, нарушив установленный порядок работы многоагентной ИТС. Для защиты каналов связи, возможно, будут использоваться квантовые технологии, которые сегодня развиваются одновременно с технологиями ИИ-систем.

5.1.4. Интеллектуализация кооперативных ИТС

Вместе с тем нельзя отрицать необходимость использования централизованного решения для управления всем дорожным движением на улично-дорожной сети в целом. Полагаться на самоорганизацию автономных агентов в этом вопросе было бы

можно, если бы теория этого взаимодействия была проработана более детально. Другими словами, в составе многоагентной кооперативной ИТС, по крайней мере на первом этапе, целесообразно оставить центральную управляющую систему. Аналогией этого решения в биологических многоагентных системах выступает царица в муравейниках и пчелиных роях, которая тонко регулирует деятельность всех агентов роя на верхнем уровне.

Предназначение и функциональность такого центрального компонента в составе многоагентной кооперативной ИТС, скорее всего, будут иными по сравнению с «традиционными» ИТС. Центр не будет непосредственно управлять каждым актором дорожного движения. Вместо этого его главной задачей будет информирование агентов об изменяющихся условиях и прогнозах их изменения, а также взаимодействие со смежными транспортными системами – в первую очередь других модальностей. В этом случае центральные агенты многоагентной транспортной системы становятся узлами второго порядка транспортной гиперсети. Но этот вопрос ещё ждёт своего внимательного исследователя.

Центральная система в рамках многоагентной кооперативной ИТС должна стать таким же интеллектуальным агентом, как и рассмотренные ранее. То, что у неё будут другие функции, цели и предназначение, не имеет особого значения – все агенты будут всё так же взаимодействовать друг с другом во имя цели, которая может быть поставлена вне рамок многоагентной системы, а в её надсистеме, в состав которой она входит. Такими целями на текущий момент видятся:

- 1) повышение безопасности дорожного движения;
- 2) повышение эффективности дорожного движения (включая его безостановочность);
- 3) интеллектуализация управления дорожным движением.

Если с первыми двумя целями более или менее всё понятно, так как они также являются целями «обычной» ИТС, то третью цель имеет смысл рассмотреть подробнее. Интеллектуализация – это процесс повышения степени интеллектуальности технической системы, причём под интеллектуальностью понимается наличие у такой технической системы двух важных свойств: автономности и адаптивности.

Интеллектуализация подразумевает повышение степеней автономности и адаптивности технической системы. Автономность подразумевает самостоятельное принятие решений в области

своей экспертизы, поэтому повышение интеллектуальности через автономность осуществляется через повышение экспертизы технической системы, то есть её обучение. Однако также необходимо обеспечить возможность принятия самостоятельных решений технической системой, и это делается через нормотворчество и принятие технических регламентов. С другой стороны, адаптивность – это возможность подстройки под изменения среды, в которой функционирует система, без необходимости её реинжиниринга. Адаптивность реализуется через те или иные методы машинного обучения.

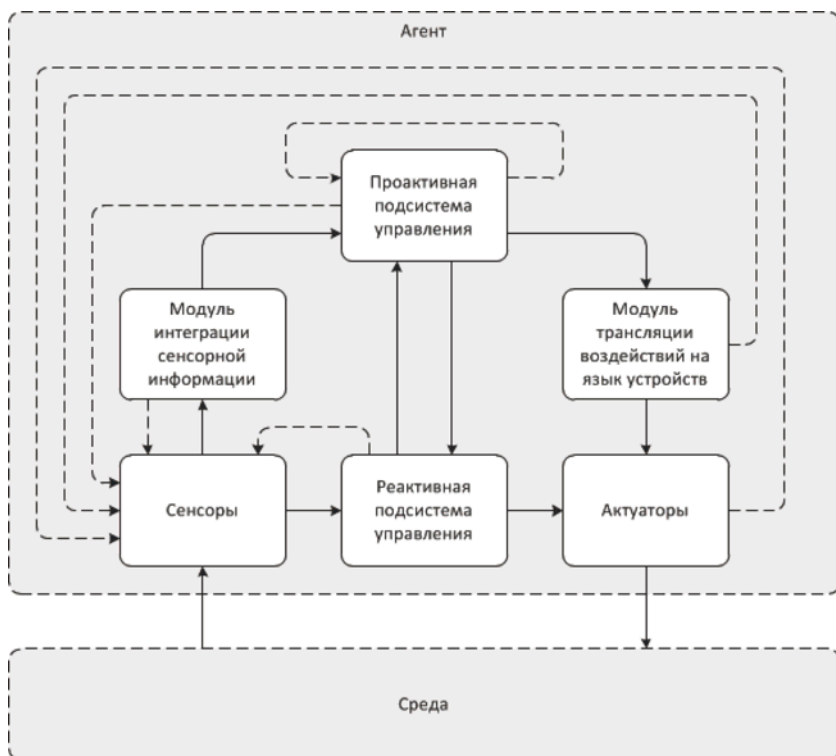
Одним из методов интеллектуализации является преобразование агента в гибридную интеллектуальную систему. В качестве компонентов такой системы рассматриваются:

- 1) *сенсоры* – все устройства и другие виды обеспечения, позволяющие получать информацию из окружающей беспилотный автомобиль среды. Фактически сенсоры очищают входную информацию от шумов и осуществляют первый выбор пути дальнейшей обработки. Если входная информация с сенсоров соответствует каким-либо автоматическим паттернам поведения системы, то фокус управления передаётся в реактивную подсистему, которая выбирает конкретный паттерн и исполняет его. Однако если в процессе реагирования по реактивному сценарию система обнаруживает, что что-то пошло не так, то осуществляется эскалация на проактивную подсистему управления;
- 2) *модуль интеграции сенсорной информации* – если входная информация не имеет автоматической реакции для своей обработки, то осуществляется интеграция всех модальностей восприятия системы в единый блок описания объекта управления и среды. На выходе этого модуля появляется целостная картина восприятия, которая передаётся в проактивную подсистему управления;
- 3) *реактивная подсистема управления* – фактически реализует традиционную схему управления, когда сигналы с сенсоров обрабатываются системой управления и по ним осуществляется формирование управленческих воздействий на среду (объект управления) через исполнительные устройства;
- 4) *проактивная подсистема управления* – добавляет дополнительный промежуточный уровень, который позволяет осуществлять обучение системы, построение прогноза на

основе моделирования среды и своего поведения в ней, построение плана действий и сравнение факта с прогнозом и планом для осуществления обучения (адаптации) системы к изменяющимся условиям внешней среды;

- 5) *модуль трансляции воздействий на язык устройств* – для исполнения управленческое воздействие переводится на язык конкретных исполнительных устройств, которые взаимодействуют с объектом управления и средой. Исполнительные устройства выполняют команду. Цикл работы завершается;
- 6) *актуаторы* – исполнительные устройства, которые взаимодействуют со средой, оказывают на неё влияние, воздействие.

Таким образом, схема интеллектуализированного агента выглядит следующим образом:



Петли обратной связи от внутренних элементов интеллектуализированного агента к его же сенсорам предназначены для мониторинга и контроля собственного состояния. Петля из проактивной системы управления в саму себя – это фактически модель самого интеллектуализированного агента в окружающей его среде.

Интерес вызывает то, что система именно с такой архитектурой при переходе через определённый порог сложности может считаться сознательной. Действительно, в соответствии с определением, данным нейрофизиологом Е. Р. Джоном, сознание – это «процесс, в ходе которого информация о множественных индивидуальных модальностях восприятия и ощущения сводится в единое многоплановое представление о состоянии системы и её окружения и интегрируется с информацией о воспоминаниях и потребностях организма, порождая эмоциональные реакции и программы поведения, способствующие приспособлению организма к его окружению».

По такой схеме должны максимально интеллектуализироваться все типы агентов, входящих в состав многоагентной кооперативной ИТС. И если элементы инфраструктуры, для того чтобы стать «умными», должны как минимум реактивно обрабатывать и фильтровать поступающую в них информацию, то такие агенты, как беспилотные автомобили и центральная система управления, должны получить в свой состав проактивную подсистему управления, в которой, кроме всего прочего, должны иметься модели среды, других агентов и самого себя для успешного прогнозирования будущих состояний в целях выработки планов адекватного реагирования на них. В этом случае многоагентная кооперативная ИТС станет по-настоящему интеллектуальной.

Всё изложенное выше позволяет сказать, что одним из методов повышения эффективности систем управления дорожным движением с учётом скорого перехода к новой парадигме с использованием беспилотных автомобилей является применение методологического аппарата теории многоагентных систем. Это позволит рассматривать акторов дорожного движения в качестве взаимодействующих агентов, что переводит транспортную систему в разряд тех технических и организационных систем, в которых могут применяться методы и технологии искусственного интеллекта.

Это открывает возможности междисциплинарного диалога между учёными и инженерами, работающими в области транспор-

та и его оптимизации, и специалистами в области искусственного интеллекта. Такое междисциплинарное взаимодействие позволит найти дополнительные синергетические эффекты и использовать их для повышения эффективности функционирования транспортных систем.

5.2. Мультимодальные ИТС

Важным аспектом функционирования ИТС, интегрированной с транспортными системами других модальностей, является проявление парадигмы МaaS – «мобильность как сервис». Парадигма МaaS основана на том подходе, который подразумевает эффективное и безопасное перемещение пассажиров и грузов из начального в конечный пункт, так чтобы заинтересованные лица даже не задумывались бы над тем, каким образом пассажиры и грузы перемещаются – на личном или общественном транспорте, на транспорте каких модальностей и т. д., всё это становится прозрачным для заказчика, так что он не должен заниматься микроменеджментом этих процессов.

В будущем наверняка будут приняты стратегии развития транспортной отрасли, в которой один из главных акцентов делается на интеграцию транспортных систем разных модальностей для обеспечения бесшовного перемещения пассажиров и грузов на основе новых цифровых технологий. Это значит, что реализация в составе функциональности ИТС механизмов обеспечения мультимодальности и интероперабельности должна получить существенный приоритет при разработке и развитии ИТС.

Интероперабельность (или функциональная совместимость) – это способность ИТС, интерфейс которой открыт для внешних информационных и автоматизированных систем, взаимодействовать и функционировать с ними без каких-либо ограничений доступа и реализации. Это набор функций, определённых во внешнем описании ИТС и удовлетворяющих заданным или подразумеваемым потребностям пользователей.

Мультимодальность (или интермодальность) – это свойство транспортной системы, заключающееся в использовании для осуществления транспортировки пассажиров и грузов транспорта разной модальности, предоставляя клиенту тем самым прозрачный и бесшовный перевозочный процесс из пункта выезда

в пункт назначения. Это свойство транспортной системы составляет одну из важных характеристик парадигмы МaaS.

Модальности транспорта – это вид транспорта, предназначенный для перемещения пассажиров и (или) грузов и использующий для этого отдельную транспортную инфраструктуру. Внутри одной модальности могут выделяться подвиды транспорта, которые отличаются классом или сущностью транспортных средств, однако в рамках одной модальности для перемещения используется одна и та же транспортная инфраструктура всеми типами транспортных средств. В настоящее время выделяются следующие модальности транспорта:

- 1) *автомобильный транспорт* – фактически включает в себя все виды колёсных (и иногда других) транспортных средств, которые перемещаются по автомобильным дорогам. Автомобильный транспорт является видом транспорта, который наиболее плотно вошёл в жизнь людей и экономические отношения на нижнем уровне. Для локального уровня населённых пунктов автомобильный транспорт – это главная транспортная модальность для перевозки пассажиров и большей части грузов. На межмуниципальном уровне автомобильный транспорт используется в меньшей степени и разделяет уровень используемости с другими транспортными модальностями;
- 2) *водный транспорт* – подразделяется на речной и морской виды транспорта и часто даже разделяется на две отдельные модальности, так как транспортная инфраструктура для этих видов транспорта различается. Водные транспортные средства перевозят пассажиров и грузы по водным путям сообщения, как естественным (океаны, моря, реки, озёра), так и искусственным (каналы, водохранилища). Основным транспортным средством является судно. Важной разновидностью водного транспорта являются паромы, хотя иногда паромы включаются в состав автомобильного транспорта. Водный транспорт отличается высокой провозной способностью и очень низкой себестоимостью перевозок. Кроме того, он позволяет перевозить почти любые крупногабаритные грузы;
- 3) *воздушный транспорт* – включает в себя как воздушные суда (управляемые и неуправляемые), так и необходимую для их эксплуатации инфраструктуру: аэропорты, диспет-

черские и технические службы. Это самый быстрый вид транспорта из всех модальностей. Основная сфера применения воздушного транспорта – пассажирские перевозки на расстояниях свыше 1000 километров. Также осуществляются и грузовые перевозки, но их доля очень низка. В основном воздушным транспортом перевозят скоропортящиеся продукты и особо ценные грузы, а также почту. В целом воздушный транспорт обладает самой низкой грузоподъёмностью из всех видов;

- 4) *железнодорожный транспорт* – транспорт, на котором перевозка пассажиров и грузов осуществляется колёсными транспортными средствами по рельсовым путям. В отличие от автомобильного транспорта, где транспортное средство просто движется по подготовленной поверхности, железнодорожный транспорт направляется по специально подготовленным путям (по «железной дороге»). Подвижной состав железнодорожного транспорта обычно имеет меньшее сопротивление трению по сравнению с автомобилями, а пассажирские и грузовые вагоны могут быть сцеплены в более длинные поезда. Железнодорожный транспорт является одним из самых безопасных видов транспорта. Железнодорожный транспорт способен справляться с большими объёмами пассажиро- и грузопотоков и является энергоэффективным, однако обычно он менее гибок и более капиталоемок, чем автомобильный транспорт при меньшей загрузке транспортной сети;
- 5) *трубопроводный транспорт* – особый вид транспорта, предназначенный для транспортировки по трубам сырья (жидкостей или газов) и продуктов (любых химически стабильных веществ, которые возможно перемещать по трубопроводам). Транспортировка пассажиров не предусмотрена. Трубопроводный транспорт состоит из собственно трубопроводов (нефтепроводов, газопроводов и продуктопроводов) и компрессорных станций.

Важной концепцией в этом вопросе является парадигма МaaS («мобильность как сервис»). Это концепция, подразумевающая полную прозрачность всех транспортных процессов для конечного пользователя, который взаимодействует со всеми транспортными модальностями и всеми видами транспорта через одно приложение на своём смартфоне таким образом, что просто за-

казывает перемещение из одного пункта в другой, и приложение MaaS предоставляет единые возможности по определению маршрута и видов транспортных средств на нём с определением пересадок, использованию транспортных средств и оплаты их использования. Фактически конечный пользователь транспортной системы просто просит переместить его из пункта А в пункт Б, а приложение MaaS рассчитывает самый оптимальный маршрут для этого как по стоимости, так и по времени перемещения, при этом в маршруте могут быть задействованы любые виды транспорта – от велосипеда или личного автомобиля до паромов или даже самолётов. Парадигма MaaS в чистом виде ещё не реализована нигде в мире, хотя речь об этом ведётся во многих государствах.

Предназначением мультимодальной ИТС (мм-ИТС) является организация эффективного и безопасного перемещения людей и грузов из пункта отправки в пункт назначения при помощи транспортных систем разных модальностей. Это осуществляется посредством интеграции систем управления разными транспортными системами с предоставлением клиентам единой точки доступа к функциональности этих систем для удовлетворения пользовательских потребностей. Вместе с тем у мм-ИТС могут быть пользователи других ролей, кроме конечного клиента, и их потребности также должны удовлетворяться.

Исходя из этого положения, мм-ИТС должна иметь следующие функциональные возможности:

- 1) иметь в своём составе средства информационного обмена с (автомобильными) ИТС смежных регионов, на которые не распространяется действие самой мм-ИТС, но с которыми имеется физическая интеграция на уровне дорожной инфраструктуры;
- 2) иметь в своём составе средства информационного обмена с информационно-управляющими подсистемами транспортных систем следующих модальностей (во всех их проявлениях по подтипам транспорта) – если соответствующая транспортная модальность представлена на территории, автомобильная инфраструктура которой находится под управлением мм-ИТС:
 - водный транспорт;
 - воздушный транспорт;
 - железнодорожный транспорт;

- 3) в части получения информации от систем управления водным транспортом получать следующие входные потоки данных:
- маршруты пассажирских и грузовых перевозок водным транспортом с пунктами отправления, прибытия или пересадки в портах, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - расписание движения речных и (или) морских судов по маршрутам следования, заходящим в порты, сопряжённые с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - тарифные политики, действующие в портах, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - координаты установки метеорологических датчиков и (или) географические зоны, охватываемые метеонаблюдением со стороны метеослужб (в случае наличия) речных и морских портов, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - метеорологическую информацию от метеослужб (в случае наличия) речных и морских портов, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - расписание и время движения паромов на автомобильных дорогах, в том числе и тех, на которых можно перевозить транспортные средства для дальнейшего движения;
- 4) в части отправки информации в системы управления водным транспортом отправлять следующие выходные потоки данных:
- координаты размещения АДМС на УДС в зоне, измерения метеорологических параметров в которой интересны для портов;
 - метеорологическая информация с АДМС, которые располагаются в непосредственной близости от портов;
 - расписание и маршруты движения наземного городского общественного транспорта, остановочные пункты которого располагаются в непосредственной близости от портов, а также служб такси;
 - тарифные политики таксопарков, коммерческих и муниципальных перевозчиков общественного транспорта;

- 5) в части получения информации от систем управления воздушным транспортом получать следующие входные потоки данных:
- маршруты пассажирских и грузовых перевозок воздушным транспортом с пунктами отправления, прибытия или пересадки в аэропортах и на отдельных аэродромах, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - расписание полётов воздушных судов по маршрутам следования, сажащихся в аэропортах и на отдельных аэродромах, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - тарифные политики, действующие в аэропортах и на отдельных аэродромах, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - координаты установки метеорологических датчиков и (или) географические зоны, охватываемые метеонаблюдением со стороны метеослужб аэропортов, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - метеорологическую информацию от метеослужб аэропортов, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - в части отправки информации в системы управления воздушным транспортом отправлять следующие выходные потоки данных:
 - координаты размещения АДМС на УДС в зоне, измерения метеорологических параметров в которой интересны для аэропортов;
 - метеорологическая информация с АДМС, которые располагаются в непосредственной близости от аэропортов;
 - расписание и маршруты движения наземного городского общественного транспорта, остановочные пункты которого располагаются в непосредственной близости от аэропортов, а также служб такси;
 - тарифные политики таксопарков, коммерческих и муниципальных перевозчиков общественного транспорта;
- 7) в части получения информации от систем управления железнодорожным транспортом получать следующие входные потоки данных:

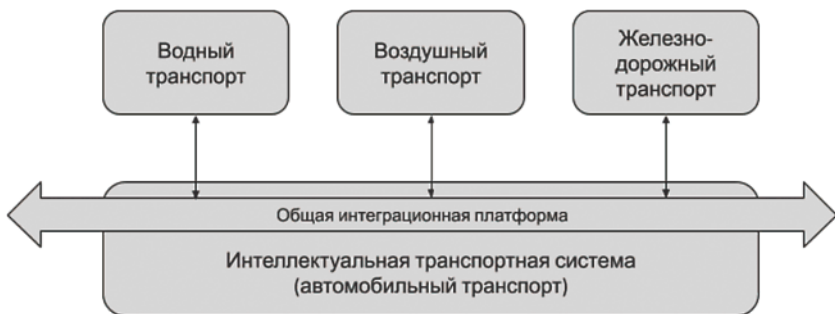
- маршруты пассажирских и грузовых перевозок железнодорожным транспортом с пунктами отправления, прибытия или пересадки на вокзалах и железнодорожных станциях, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - расписание движения пассажирских и грузовых железнодорожных составов по маршрутам следования, затрагивающим вокзалы и железнодорожные станции, сопряжённые с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - тарифные политики, действующие на железной дороге при движении до вокзалов и станций, сопряжённых с улично-дорожной сетью, находящейся под управлением мм-ИТС;
 - расписание и время движения железнодорожных поездов на железнодорожных переездах, фазы переключения светофоров на железнодорожных переездах;
- 8) в части отправки информации в системы управления железнодорожным транспортом отправлять следующие выходные потоки данных:
- расписание и маршруты движения наземного городского общественного транспорта, остановочные пункты которого располагаются в непосредственной близости от вокзалов и железнодорожных станций, а также служб такси;
 - тарифные политики таксопарков, коммерческих и муниципальных перевозчиков общественного транспорта;
- 9) для каждой из описанных транспортных модальностей должна иметься возможность включения новых информационных потоков как в сторону мм-ИТС, так и в сторону информационной системы смежной транспортной модальности.

Для реализации перечисленных в предыдущем разделе функций должны быть внесены следующие изменения в общую архитектуру мм-ИТС:

- 1) определена объектная модель данных, охватывающая все транспортные модальности и описывающая общую предметную область для них;
- 2) определена функциональная модель взаимодействия между системами в рамках межмодального взаимодействия;

- 3) для интеграционной платформы мм-ИТС реализованы шлюзы (адаптеры) для каждой внешней информационной или автоматизированной системы транспорта иной модальности, которая является источником или потребителем данных в рамках межмодального взаимодействия. Адаптер должен предоставлять в интеграционной платформе интерфейс соответствующей системы, в котором выставлены функции из функциональной модели и объекты из объектной модели;
- 4) в интеграционной платформе должны быть прописаны сквозные сценарии управления, охватывающие несколько модальностей.

Представленные изменения в архитектуру мм-ИТС фактически определяют первоначальную ИТС ядром мм-ИТС, так как интеграционная платформа именно ИТС становится связующим звеном для транспортных систем всех модальностей. Это можно пояснить следующей диаграммой:



Действительно, именно автомобильный транспорт как транспортная система, обладающая самой высокой модальностью, становится связующей между всеми модальностями транспорта. Так и в цифровом пространстве именно ИТС автомобильного транспорта становится связующим звеном для транспортных систем других модальностей.

Реализация перечисленных функций и архитектурных изменений позволит преобразовать обычную ИТС, основанную на интеграционной платформе, в мультимодальную ИТС для реализации парадигмы МaaS в интересах конечного пользователя. Это станет первым шагом к получению полноценной мм-ИТС, объединяющей все транспортные модальности в единую интеллектуальную

транспортную систему. Один из вариантов будущего транспортной отрасли видится в этом.

5.3. Новые транспортные модальности

В будущем в области транспорта также следует ожидать появления новых транспортных модальностей. Стоит напомнить, что под транспортной модальностью следует понимать отдельную транспортную систему, которая требует особенной инфраструктуры для перемещения транспортных средств и, как следствие, пассажиров и грузов. Автомобильные дороги и придорожная инфраструктура (АЗС, объекты дорожного сервиса, мотели и т. д.) – это автомобильная транспортная модальность. Другими транспортными модальностями являются воздушный, водный, железнодорожный и трубопроводный транспорт, причём последний используется исключительно для транспортировки отдельных видов грузов. При этом надо отметить, что в рамках одной транспортной модальности может быть произвольное количество видов транспорта.

Несмотря на то что уже сегодня существуют нестандартные транспортные модальности, которые не являются транспортом общего назначения (например, некоторыми исследователями выделяется космический транспорт, который предназначается только для узких специфических целей), в будущем стоит ожидать появления новых транспортных модальностей, в том числе совершенно фантастических (например, телепортации). Рассмотрим несколько таких, которые кажутся наиболее реалистичными.

1. *Трубопроводный транспорт для людей.* В городах и, кажется, в населённых пунктах небольшого размера вполне возможна реализация трубопроводного транспорта для персональных транспортных средств на основе трубопроводов. Например, это могут быть пластиковые трубы диаметром 2–3 метра, в которых можно перемещаться на велосипедах или самокатах. Такие трубы могут быть проложены по крышам зданий или в земле, а многочисленные станции для них снабжены лифтами и прокатной инфраструктурой. Подобный транспорт можно было бы использовать в любое время года.
2. *Средства персональной мобильности.* Всё большей и большей популярностью в городах будущего и в особенности в экопоселениях будут пользоваться транспортные сред-

ства персональной мобильности, основанные на различных технологиях, вплоть до ранцевых средств для полёта. Вероятно, эта транспортная модальность может стать промежуточным шагом к переходу к повсеместному использованию летающих транспортных средств.

3. *Воздушный городской транспорт*. Речь не о вертолётном транспорте, который уже сегодня существует в некоторых городах, а о транспортных средствах, основанных на какой-либо новой технологии, которая позволит освоить трёхмерное пространство для перемещения в транспортных средствах, похожих на автомобили. Сегодня разработки ведутся в этом направлении под названиями «аэротакси».
4. *Мультимодальные (интермодальные) городские перевозки*. Несмотря на то что уже сегодня в крупных городах, особенно в таких мегаполисах, как Москва, различные транспортные системы тесно интегрированы друг с другом на всех уровнях от физического до финансового, в будущем можно ожидать появления единой мультимодальной городской транспортной системы, в которой различные типы транспортных средств (колёсные, рельсовые, воздушные и др.) смогут использоваться бесшовно для реализации парадигмы MaaS.

5.4. Обеспечение биобезопасности

Эпидемический вызов человечеству в 2020 году показал существенную хрупкость различных аспектов экономики. Транспортная отрасль, являющаяся одной из базовых отраслей любой экономической системы, также серьёзным образом пострадала от мировой эпидемии нового коронавируса. Особенно это касается авиационного транспорта, но и другие транспортные модальности понесли огромные экономические потери. Более того, транспорт получил и сильный удар по своей репутации как место массового скопления людей и, как следствие, место повышенного риска распространения инфекционных заболеваний.

После окончания эпидемии нового коронавируса массовое восприятие транспорта пассажирами будет уже совершенно иным. Это значит, что транспорт любой модальности, а в особенности общественный транспорт, должен уже сегодня начинать искать возможности по изменению для учёта новой реальности – повышенного спроса пассажиров на обеспечение биобезопасности на

транспорте, причём как в подвижных единицах (бортах), так и на объектах транспортной инфраструктуры. Другими словами, актуальность вопросов обеспечения биобезопасности на транспорте будет только расти.

Более того, актуальным вопросом станет применение на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры технических решений и киберфизических систем для обеспечения биобезопасности. В этом вопросе эффективным решением могут стать разного рода цифровые платформы, которые необходимо начинать не только разрабатывать, но и модернизировать с дальнейшим повсеместным использованием существующих цифровых сервисов под задачи биобезопасности. А также сегодня необходимо искать варианты «быстрых» решений, которые помогут вернуть доверие к транспорту, показать готовность государства для открытия границ и снизить риски появления «второй волны» распространения инфекций.

На текущий момент Министерство транспорта Российской Федерации выпустило временные методические рекомендации, направленные на снижение риска возникновения и распространения новой коронавирусной инфекции для автомобильного, водного, воздушного и железнодорожного пассажирского транспорта. Анализ этих документов показал, что, будучи выпущенными в период спешки, они содержат в большей мере паллиативные меры, направленные на недопущение передачи инфекционного патогена от человека к человеку при непосредственном контакте или через промежуточную поверхность. При этом меры для различных транспортных модальностей практически одинаковы в своей сути, отличаясь друг от друга только нюансами, связанными с конкретной транспортной инфраструктурой.

Необходимо отметить, что документы, выпущенные Министерством транспорта, имеют в названии атрибут «временный». Это может свидетельствовать о том, что либо после окончания пандемии новой коронавирусной инфекции эти рекомендации будут полностью отменены, и работа транспортной отрасли вернётся на режим, который был до пандемии, либо после окончания методические рекомендации будут доработаны и актуализированы, для того чтобы предотвращать распространение инфекционных агентов на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры в принципе. Второй путь – это и есть обеспечение биобезопасности на транспорте, и он, скорее всего, будет являться актуальным независимо от дальнейшего развития ситуации с текущей пандемией.

Дело в том, что современное состояние средств массовой информации и социальных сетей привело не только к развитию своего рода паники в мировом масштабе, но и к тому, что люди в своей массе стали более осведомлены об эпидемических процессах и о том, как распространяются различные виды инфекций. Стала общедоступной информация о состоянии систем здравоохранения в разных государствах мира, а потому забота о собственном здоровье стала важным принципом общественной жизнедеятельности. Поэтому даже после прекращения пандемии новой коронавирусной инфекции люди уже не будут прежними, и в том числе потребители транспортных услуг будут внимательно смотреть на то, как транспортная отрасль преобразуется для обеспечения биобезопасности на транспорте.

Фактически для ответа на новый вызов транспортной отрасли придётся измениться в нескольких аспектах для удовлетворения возросших потребностей клиентов, пользующихся общественными видами транспорта. К тому же эти аспекты необходимо менять как на объектах транспортной инфраструктуры, так и при использовании транспортных средств. Более того, клиенты транспортной отрасли будут ожидать изменений как с точки зрения внедрения мер обеспечения биобезопасности при самостоятельном взаимодействии клиента с транспортом, так и через персонал транспортных компаний.

О каких же аспектах обеспечения биобезопасности идёт речь? Авторский взгляд на проблему предлагает рассматривать биобезопасность на транспорте в следующих аспектах:

- 1) *выявление и предупреждение*. Носители инфекционных агентов должны выявляться до их попадания на объекты транспортной инфраструктуры и транспортные средства общего пользования. Если носитель выявлен, то для минимизации рисков распространения инфекции среди граждан (пассажиров и сотрудников) он не должен допускаться к дальнейшему использованию общественного транспорта;
- 2) *мониторинг и защита*. В процессе использования транспортной системы должен осуществляться мониторинг состояния здоровья пассажиров и персонала, чтобы вовремя принять меры реагирования на вспышки инфекционного заболевания для их локализации и защиты окружающих от заражения. Вспышка инфекции может проявиться как из-за сложности выявить инфекционное заболевание по внешним признакам на ранней стадии или в слабой форме, так и из-за закончив-

шегося инфекционного периода. Защита представляет собой набор организационно-технических мероприятий, направленных на прекращение (ограничение) контактирования, профилактику у контактных лиц и дезинфекцию;

- 3) *реагирование*. Если в процессе мониторинга обнаруживается пассажир или представитель персонала, у которого проявляются симптомы, которые могут указывать на контагиозное инфекционное заболевание, то к такому лицу должны быть применены меры реагирования, направленные на изоляцию выявленного лица и своевременное оповещение медицинских организаций для принятия ими решений в соответствии с ведомственными инструкциями.

Первый пункт (да и остальные, в общем-то, тоже), казалось бы, вводит некоторую необычную презумпцию, диспозиция которой заключается в ограничении одного из базовых личных прав человека – права на свободу передвижения, и это право даже включено во Всеобщую декларацию прав человека ООН. Тем не менее в рассматриваемом случае это личное право входит в существенный конфликт с общественным правом на охрану здоровья граждан. А с учётом того, что носитель инфекционного патогена угрожает здоровью неограниченного количества лиц, баланс между личным и общественным интересом должен определяться правовой структурой государства. Тем более что право на перемещение ограничивается только с точки зрения использования общественного транспорта.

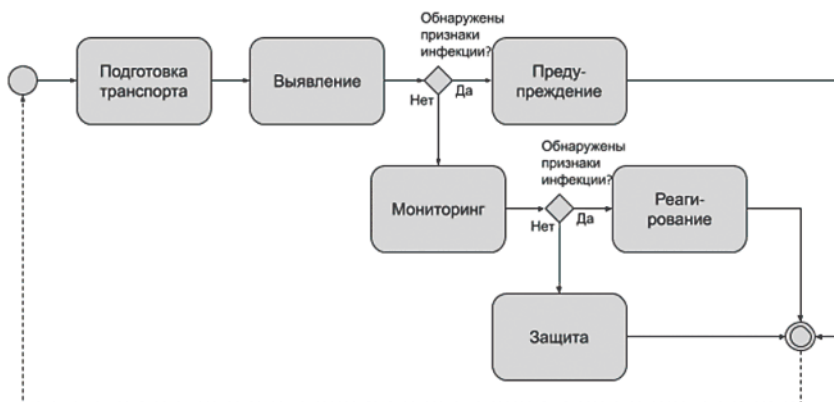
Кроме перечисленных аспектов, нельзя забывать и о том, что транспортные средства и помещения в объектах транспортной инфраструктуры также должны подвергаться периодическому контролю и дезинфекции. Это необходимо делать при подготовке транспорта к старту очередного рабочего цикла (например, перед началом нового дня транспортного обслуживания), а на объектах непрерывного цикла – периодически.

Итак, перечисленные три аспекта накладываются на два типа общественных мест – объекты транспортной инфраструктуры и сами транспортные средства, и на два класса субъектов – пассажиров и персонал. В итоге получается структурное пространство выполнения противоэпидемических мероприятий, состоящее из двенадцати дискретных элементов. Для каждого из таких элементов необходимо разработать свою программу мероприятий. Следующая таблица сводит воедино предложения по этому структурному пространству.

Аспекты	Объекты транспортной инфраструктуры		Транспортные средства	
	Пассажиры	Персонал	Пассажиры	Персонал
Выявление и предупреждение	Непрерывный контроль состояния здоровья по внешним признакам, в том числе с использованием технических средств контроля. Отказ в допуске на объект инфраструктуры и в транспортные средства при подозрении на инфекционное заболевание в острой форме	Медицинский осмотр перед началом рабочего дня и периодический непрерывный контроль состояния здоровья. Отказ в допуске на рабочее место с запуском процедуры оформления листа нетрудоспособности или иной подобной процедуры	Экспресс-контроль состояния здоровья по внешним наблюдаемым признакам при помощи технических средств контроля с сигнализацией персоналу на транспортном средстве для принятия мер по отказу в допуске при подозрении на инфекционное заболевание в острой форме	Медицинский осмотр перед началом рабочего дня. Отказ в допуске на рабочее место с запуском процедуры оформления листа нетрудоспособности или иной подобной процедуры
Мониторинг и защита	Периодический непрерывный мониторинг для пассажиров, находящихся на объектах транспортной инфраструктуры дольше определенного времени, а также применение мер защиты пассажиров от распространения инфекционных агентов через поверхность или воздух, в том числе применение средств индивидуальной защиты	Периодический непрерывный мониторинг состояния здоровья для каждого сотрудника (в том числе самоконтроль), а также применение мер защиты пассажиров от распространения инфекционных агентов через поверхность или воздух, в том числе применение средств индивидуальной защиты	Непрерывный постоянный или периодический мониторинг, желательность незамедлительного информирования (но он должен быть информирован о нём), а также применение мер защиты пассажиров от распространения инфекционных агентов через поверхность или воздух, в том числе применение средств индивидуальной защиты	Периодический непрерывный мониторинг состояния здоровья для каждого сотрудника (в том числе самоконтроль), а также применение мер защиты пассажиров от распространения инфекционных агентов через поверхность или воздух, в том числе применение средств индивидуальной защиты
Реставрирование	Вызов санитарной службы или штатного врача для контроля состояния пассажира, исключение его контакта с другими пассажирами и персоналом	Вызов санитарной службы или штатного врача для контроля состояния пассажира, оформление листа нетрудоспособности, исключение его контакта с другими пассажирами и персоналом, если это возможно – высадка пассажира (срочная замена) сотрудника из транспортного средства и его препровождение в место карантина	Вызов санитарной службы или штатного врача для контроля состояния пассажира, исключение его контакта с другими пассажирами и персоналом, если это возможно – высадка пассажира из транспортного средства и его препровождение в место карантина	Вызов санитарной службы или штатного врача для контроля состояния пассажира, оформление листа нетрудоспособности, исключение его контакта с другими пассажирами и персоналом, если это возможно – высадка (срочная замена) сотрудника из транспортного средства и его препровождение в место карантина

Важно отметить, что меры предосторожности для транспортных средств, доступ в которые возможен только через объекты транспортной инфраструктуры (вокзалы, аэровокзалы), могут быть снижены в части выявления и предупреждения инфекционных заболеваний у пассажиров, так как они могут попасть в транспортные средства только через процедуру контроля внутри вокзала. Другими словами, пассажир в такие транспортные средства «передаётся» уже на этап мониторинга и защиты.

Представленные аспекты биобезопасности на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры можно объединить при помощи следующей диаграммы:



Как видно, представленный на диаграмме процесс является циклическим – каждый раз после завершения цикла обслуживания или выявления опасного объекта должно вновь осуществляться приведение транспортной системы (транспортных средств и инфраструктуры) в исходное биобезопасное состояние.

Предполагается, что предлагаемые меры также будут иметь существенный экономический эффект. Несмотря на то что этот вопрос ещё ждёт своего внимательного исследования, по результатам наблюдений за волнами инфекций в предыдущие годы и текущей пандемии новой коронавирусной инфекции авторская позиция состоит в том, что недопущение массового заболевания граждан позволяет существенно экономить как на медицинских услугах, так и за счёт отсутствия снижения производительности труда из-за массовых заболеваний. Поэтому экономическая целесообразность применения мер на транспорте как месте массового

контактирования граждан друг с другом в целом должна оцениваться с макроэкономической точки зрения всего государства, а не только отдельных транспортных предприятий.

Необходимо отметить, что в составе организационно-технических мероприятий, направленных на выявление и предупреждение, мониторинг и защиту, а также реагирование, необходимо максимально эффективно использовать технические средства и киберфизические системы. Это значит, что уже сегодня необходимо начинать исследования и разработку различных устройств, которые будут выполнять отдельные операции или полностью автоматизировать процессы для обеспечения биобезопасности на транспорте.

В качестве примера подобного рода технических устройств можно привести видеокamеры инфракрасного диапазона, которые мониторят температуру тела пассажиров в дистанционном формате, а при возникновении подозрения на повышенную температуру тела вызывают оператора для принятия решения. Также возможна интеллектуальная видеоаналитика для распознавания поведенческих паттернов инфекционных больных (кашель, чихание, использование носового платка и т. д.) для этих же целей. Мультисенсорная интеграция с акустическими датчиками, которые фиксируют кашель, чихание, осипший голос и другие характеристики инфекционных больных в дополнение к видеонаблюдению, также является решающей технологией.

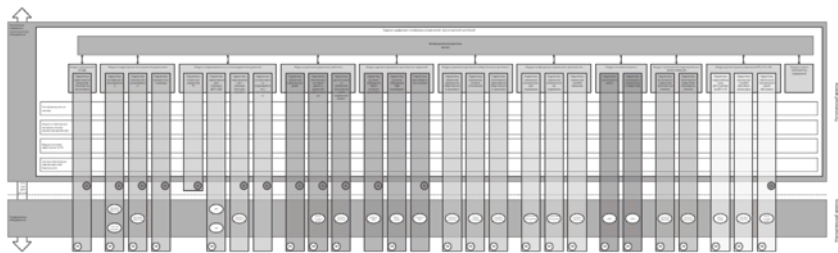
Другим примером использования технических средств и в особенности киберфизических систем является периодический процесс подготовки транспортных средств и помещений объектов транспортной инфраструктуры к использованию – чистка, мойка, дезинфекция. Важно «перепоручить» этот процесс техническим средствам ещё и потому, что непосредственное участие персонала в этом процессе повышает риск заражения и, как следствие, распространения инфекции, что сводит на нет все другие меры реагирования. Поэтому робототехнические и киберфизические системы в этом вопросе станут играть ведущую роль.

Все эти вопросы являются открытыми и представляют собой направления для дальнейших исследований в области биобезопасности на транспорте. Один вопрос ясен – мир уже не будет прежним, и каждой отрасли необходимо меняться. В том числе и транспортной отрасли, являющейся базовой для экономики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пока писалась эта книга, в России была принята Методика оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» (распоряжение Минтранса России от 25.03.2020 № АК-60-р). В этом документе представлена шаблонная архитектура типовой ИТС для городской агломерации, которая основана на мультидоменном подходе к созданию высоконагруженных и отказоустойчивых систем.

Автором была предложена следующая конкретизированная архитектура для ИТС в рамках указанного документа, которая частично пересекается с положениями, данными в этой книге:



Здесь показано два уровня – региональный и муниципальный, причём на региональном уровне реализуется общая интеграционная платформа в качестве интегрирующей подсистемы ИТС, к которой подключаются функциональные модули, агрегирующие в себе наборы функций по определённым доменам: светофорное регулирование, управление наземным городским пассажирским транспортом, управление парковочным пространством и т. д. На муниципальном уровне располагаются те же самые функциональные домены, но сгруппированные по традиционным подсистемам, которые включают в себя все виды обеспечения, в том числе полевое периферийное оборудование, входящее

в состав аппаратно-технического обеспечения. При этом муниципальный уровень ИТС может быть развёрнут в нескольких муниципалитетах региона, и дублирование функций обеспечивает катастрофоустойчивость и функциональную независимость уровней. Например, если «упадёт» региональный уровень, то функции непосредственного управления доменами в ИТС останутся незатронутыми в каждом муниципалитете. Если же «отвалится» какой-нибудь муниципалитет, то вся ИТС продолжит работать как на региональном уровне, так и в других своих муниципалитетах.

При этом необходимо отметить, что методика оценки степени готовности региона к внедрению у себя ИТС предполагает наличие определённого набора комплексных и инструментальных подсистем. Этот набор является подмножеством того, что описан в данной книге в главе 4. Предполагается, что при выходе на реализацию ИТС в конкретном муниципалитете конкретного региона проект такой ИТС будет содержать все необходимые подсистемы для обеспечения главного предназначения ИТС для граждан, юридических лиц и органов муниципальной и государственной власти, а не только тот «куцый» набор, который прописан в методике. Поэтому эта книга может стать путеводной дорожной картой для разработчиков ИТС.



Я искренне надеюсь, что этот труд будет полезен для развития транспортных систем России на всех уровнях. Несмотря на то что книги такого рода быстро устаревают, я уверен, что каждый читатель сможет найти здесь необходимую и интересную информацию для себя. Я постарался изложить весь свой опыт, который приобрёл, работая сначала на железной дороге, а потом в автодорожной отрасли.

Вы можете обращаться ко мне по любым вопросам, связанным с этой книгой, по адресу электронной почты roman.dushkin@gmail.com или в Telegram по идентификатору @rdushkin.

Книги издательства «ДМК ПРЕСС»
можно купить оптом и в розницу
в книготорговой компании «Галактика»
(представляет интересы издательств
«ДМК ПРЕСС», «СОЛОН ПРЕСС», «КТК Галактика»).

Адрес: г. Москва, пр. Андропова, 38;
тел.: **(499) 782-38-89**, электронная почта: **books@aliens-kniga.ru**.
При оформлении заказа следует указать адрес (полностью),
по которому должны быть высланы книги;
фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.
Эти книги вы можете заказать и в интернет-магазине: **www.a-planeta.ru**.

Душкин Роман Викторович

Интеллектуальные транспортные системы

Главный редактор *Мовчан Д. А.*
dmkpress@gmail.com

Корректор *Синяева Г. И.*

Верстка *Чаннова А. А.*

Дизайн обложки *Мовчан А. Г.*

Формат 60 × 90 1/16.

Гарнитура «PT Serif». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 17,63. Тираж 200 экз.

Отпечатано в ООО «Принт-М»
142300, Московская обл., Чехов, ул. Полиграфистов, 1

Веб-сайт издательства: **www.dmkpress.com**