

---

УДК 004.8:656:168.4

*А.В. ОСТРОУХ, А.Б. НИКОЛАЕВ, Д.Б. ЕФИМЕНКО, С.В. ЖАНКАЗИЕВ*

## **НАУЧНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ И УЧЕТА РАБОТЫ ТРАНСПОРТА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

---

Предлагается подход к разработке организационного обеспечения и комплекса технических решений автоматизированной навигационной системы диспетчерского контроля и учета работы транспорта нефтедобывающих предприятий. Предложенные решения основаны на принципах обеспечения функционирования целостной структуры системы, вычислительных средствах, устанавливаемых в подразделениях органов общего учета и контроля работы транспорта нефтедобывающих предприятий, а также использовании спутниковой связи. Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) в рамках реализации проекта по Договору № 13.G25.31.0064 от 22 октября 2010 г.

### **1. Введение**

Развитие современных подходов к обеспечению эффективности транспортных процессов требует автоматизированного диспетчерского управления и сопровождения автомобильных транспортных средств.

Транспортное обслуживание нефтедобывающих предприятий находится в сфере доступности автомобильного транспорта, а использование других видов транспорта на указанных перевозках является, как правило, неоправданным. Рост нефтедобычи, усложнение условий возведения транспортной инфраструктуры из-за географического разнесения областей нефтедобычи обуславливают необходимость постоянного совершенствования технологий управления, координирования и контроля организации транспортного процесса.

Вместе с тем, возрастающие риски отклонения запланированных маршрутных траекторий движения транспорта, трудоемкость поисков вследствие возникновения нештатных ситуаций во время реализации транспортного процесса создают трудности при внедрении математических методов планирования перевозок, предъявляют повышенные требования к их регулированию и «гибкости» планирования, разрешить которые возможно при комплексном внедрении автоматизированных систем управления транспортным процессом [1].

*Целью настоящего исследования* является подготовка исходных и аналитических материалов для реализации проекта построения автоматизированной навигационной системы диспетчерского контроля (АНСДК) и учета работы транспорта нефтедобывающих предприятий – в рамках комплексного проекта: «Создание высокотехнологичного производства инновационной установки для поверки узлов учета нефтегазоводяной смеси на местах добычи, в нефтедобывающих предприятиях».

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

1. Разработка организационной структуры АНСДК.
2. Выявление основных компонентов АНСДК и взаимосвязей между ними.
3. Разработка схемы взаимодействия отдельных участников перевозочного процесса внутри АНСДК.
4. Разработка комплекса технических решений для обеспечения эффективного функционирования АНСДК.

## **2. Организационное обеспечение автоматизированной навигационной системы диспетчерского контроля**

Для организации эффективной работы транспорта нефтедобывающих предприятий необходимо очертить круг задач, решение которых требует эффективность функционирования. В рамках перевозочного процесса можно выделить следующие задачи [2]:

- подготовка исходной информации (определение кратчайших расстояний, компоновка распределения обслуживаемых территорий, микро- и макрозонирование, создание моделей транспортной сети);
- оптимизация грузопотоков, т.е. закрепление транспортных источников за объектом притяжения;
- маршрутизация (единичные и мелкопартионные отправки);
- выбор определенного типа мобильной поверочной установки (МПУ) для выполнения перевозок в заданных условиях;
- создание и ведение баз данных, выстроенных по алгоритмам предоставления полной информации о процессах добычи нефти.

Инновационный испытательный и контрольный комплекс, позволяющий исключить воздействие человеческого фактора на результат испытаний, с диагностической возможностью моделирования режимов эксплуатации на объекте представляет собой систему, сочетающую организационно-техническое объединение основных объектов, органов аппаратов и служб контроля, планирования, сопровождения, управления, анализа и пр.

При общем рассмотрении организационной структуры системы производится первичное построение основных компонентов:

- органы общего управления и контроля (областные Администрации, областные, региональные Управления по транспорту и связи и т.д.);
- службы планирования, мониторинга и управления транспортным процессом;
- объекты оперативного диспетчерского сопровождения транспорта нефтедобывающих предприятий (ЦМ, ОЦ, диспетчерские центры и пр.);
- региональные органы, осуществляющие сбор статистической информации о выполнении транспортной работы;
- органы контроля и учета качества процесса добычи полезных ископаемых;
- сервисный центр по техническому обслуживанию мобильного и стационарного оборудования системы;
- представители сегмента предприятий-потребителей добываемой продукции;
- служба технического обеспечения работоспособности поверочного оборудования;
- официальные представители транспортных организаций в мультимодальном сообщении;

- региональные службы обеспечения безопасности перевозочного процесса;
- технические комплексы, обеспечивающие выполнение функций управления;
- совокупность служб технического обеспечения МПУ;
- комплексы средств, сетей и линий связи, обеспечивающих связь между организационными элементами системы, передачу информации и управляющих воздействий для выполнения задач сопровождения перевозок транспортом нефтедобывающих предприятий.

Взаимодействие на различных уровнях системы осуществляется путем сопряжения комплекса распространенных элементов организационной структуры системы (рис. 1).



Рис. 1. Элементы организационной структуры системы

Комплекс элементов включает в себя совокупность органов (секторов, центров) различных целевых значений:

- Органы планирования. Оперативное планирование направлено на автоматизацию текущего планирования перевозочной деятельности автотранспортного предприятия (АТП) и предназначено для решения следующих задач: расчет провозных возможностей АТП; расчет оптимальных маршрутов движения мобильных поверочных установок; составление почасовых графиков работы МПУ; составление плана работ по участкам нефтедобычи; расчет предполагаемых затрат и необходимых ресурсов для выполнения транспортной работы; составление сменно-суточного плана работы АТП; составление графика выпуска МПУ на линию; оформление путевой документации. Входная информация формируется на основании данных о потребностях в перевозках на данный период времени исходя из заключенных договоров и поступивших разовых заявок на перевозки, оценки провозных возможностей предприятия, сделанных на основании данных о количестве исправных МПУ в общей структуре парка и готовых к работе водителей. Основными выходными документами являются сменно-суточный план, графики работы МПУ и путевые документы.

– Органы мониторинга. Важную роль в эффективности работы системы занимают средства сбора данных о работе МПУ на линии и средства передачи принятых решений исполнителям. Данные действия в основном закреплены за центром мониторинга. Он является связующим звеном транспортных средств и органов контроля и планирования транспортной деятельности, для которых рабочими являются данные, полученные от бортов МПУ. В этой связи входными данными служат оперативные отчеты от телематического оборудования, установленного на МПУ, функциональное обеспечение которого определяется исходя из требований к оценочным параметрам МПУ и объекта перевозки. Выходными данными являются отметки о движении МПУ, распределенные в соответствии с формами запросов, сообщения о нарушениях в графиках движения МПУ, оперативные отчеты и пр.

– Органы управления. Подсистема оперативного управления занимает ключевое место в организации перевозочного процесса. В систему в режиме реального времени поступает информация о выпуске МПУ на маршрут и оперативная информация о работе МПУ, исходящая от органов мониторинга перевозочного процесса. Поступающая оперативная информация сравнивается с запланированными графиками. В случае расхождения фактических результатов с запланированными выясняется причина срыва, проводится поиск оптимального решения для продолжения работы в изменившихся условиях и выполняется корректировка заданий водителям в автоматизированном режиме в соответствии с распределенными сюжетными алгоритмами принятия решения. В центре оперативного управления как минимум реализуется функция оперативного контроля, которая позволяет следить за ходом выполнения сменно-суточного плана в режиме реального времени. Для реализации этой функции достаточно тем или иным образом взаимодействовать с органами мониторинга, после чего имеется возможность сравнить фактические данные с запланированными. Больше возможностей для управления имеют системы, в которых реализована функция оперативного регулирования, которое позволяет вырабатывать управляющие воздействия на перевозочный процесс при расхождении фактических данных с запланированными. В этом случае система должна иметь программы построения оптимального плана работы, которые способны в режиме реального времени выполнить все необходимые расчеты на основе новых исходных данных. Новый план должен быть своевременно доведен до исполнителей.

– Органы проведения аналитических вычислений. Данная структура позволяет получить своевременную информацию о результате работы МПУ и выявить основные причины невыполнения запланированных работ, а также по запросу эксплуатирующего предприятия и других легитимных пользователей сформировать всю необходимую информацию о перевозочном процессе на определенный момент времени. Входной информацией являются данные с путевых листов и товарно-транспортных накладных, а также фактические результаты работы МПУ, зафиксированные в системе оперативного управления на основе оперативных отчетов органов мониторинга. Результатом обработки этой информации являются технико-эксплуатационные показатели работы МПУ; изменение заработной платы сотрудников за выполненную работу; накопление данных о работе водителей и АТС; уточненное значение размера оплаты за выполненную работу; величина доходов предприятия и фактическая себестоимость перевозок; рекомендации по улучшению работы парка.

– Региональные отделения и локальные операторские центры. Региональные отделения локальных операторских центров непосредственно контролируют работу и ведение информационного сопровождения в соответствии с территориальным распределением локальных зон движения МПУ в рамках маршрутной сети системы.

– Службы эксплуатации и ответственные представители организаторов перевозочного процесса.

Объектом оперативного управления является МПУ, работающая на маршрутной сети.

– Органы, осуществляющие сбор статистической информации о выполнении транспортной работы.

Пользователи информации: официальные представители заказчиков транспортной работы; администрации регионов, транспортных компаний сопутствующих направлений, социальной сферы, организации дорожного движения в регионах; Государственные органы проведения мероприятий в соответствии с регламентами позиционирования на уровнях

контроля, учета, анализа и управления закрепленными процессами; Региональные службы сопровождения; Службы немедленного реагирования (МЧС, ГУ ГОЧС, ГУВД, другие региональные и городские оперативные и аварийные службы).

Организация перевозок разрабатывается на разных уровнях функционирования системы. При разработке организационной структуры на уровне автомобильных парков эксплуатирующего предприятия, задействованных в общем перевозочном процессе, особое внимание уделяется методам решения задач, одними из которых являются:

1. Полное удовлетворение требований центральных органов управления перевозочным процессом в рамках проведения транспортировочных работ.

2. Обеспечение обслуживания деятельности нефтедобывающих предприятий на максимально эффективном уровне.

3. Выполнение существующих планов, разработанных в центре планирования, центральной диспетчерской службой.

4. Эффективное использование МПУ, повышение производительности труда, максимальное снижение транспортных расходов.

5. Удовлетворение требований потребителей в сегменте обеспечения поверочных установок согласно разработанным проектам и договоренностям.

6. Исключение воздействия человеческого фактора на результат испытаний с диагностической возможностью моделирования эксплуатации на объекте.

Архитектура системы диспетчерского управления автомобильным транспортом, контролируемым на основе использования спутниковой навигации, в значительной степени зависит от выстроенных организационных принципов, а именно от базовых компонентов, формирующих организационную структуру. Базовые компоненты организационной структуры автоматизированной навигационной спутниковой системы диспетчерского контроля и учета работы транспорта нефтедобывающих предприятий приведены на рис. 2.

При создании центральной диспетчерской системы (ЦДС), в основном, закладываются функции координации оперативного управления при нештатных ситуациях, а также анализа исполненной на линии работы в различных разрезах (по объектам притяжения, МПУ, по маршрутам). В дальнейшем на ЦДС могут быть возложены функции по координации текущего планирования перевозок.

Функциональная специализация автоматизированных рабочих мест специалистов автотранспортного предприятия, работающих в системе диспетчерского управления транспортом на основе использования спутниковой навигации, должна соответствовать определенным принципам построения:

1. Автоматизированное рабочее место (АРМ) технолога. На АРМ технолога в постоянно действующем режиме производится формирование нормативно-справочной информации о клиентах автотранспортного предприятия (грузоотправителях и грузополучателях), о расстояниях нулевых пробегов, о маршрутах перевозок, о МПУ и о водителях АТП, а также о комплексных контрольных пунктах. Кроме того, на АРМ технолога составляется первая часть сменно-суточного плана на следующие сутки.

2. АРМ диспетчера. На АРМ диспетчера производится корректировка сменно-суточного плана и графика выпуска МПУ.

Диспетчер на своем АРМ осуществляет постоянный мониторинг перемещений МПУ на линии. При этом автоматизированная система должна выдавать сообщения оперативному диспетчеру только при возникновении нештатных ситуаций: при опозданиях выпуска на линию, при простоях, сходах с линии и внеплановых возвратах в АТП. В случае необходимости, по инициативе диспетчера, с водителем может быть установлена голосовая связь. Кроме голоса, с АРМ диспетчера может быть реализована возможность передачи служебных сообщений водителю на дисплей бортового, мобильного модуля. В любой момент времени оперативный диспетчер должен иметь возможность сформировать оперативные справки об исполненном движении автомобилей на линии.

Анализ выполненной автомобилями работы на линии производится на АРМ старшего сменного диспетчера (или на специальном АРМ аналитика движения). Анализ проводится как за предыдущий, так и за любой другой прошедший день.

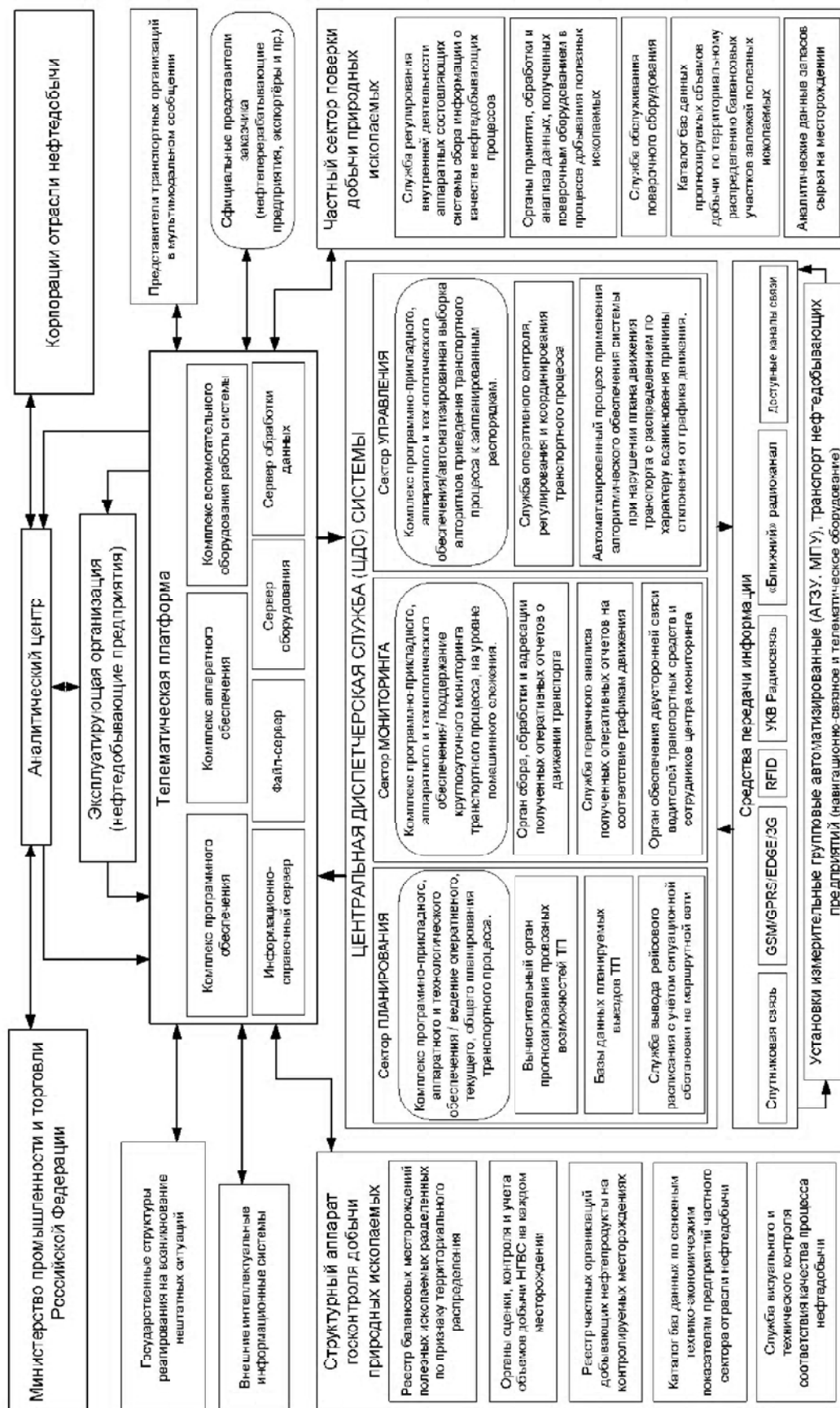


Рис. 2. Базовые компоненты организационной структуры системы



- выполнение требований техники безопасности и требований безопасности движения, охрану окружающей среды;
- выполнение требований трудового законодательства.

### **3. Комплекс технических решений автоматизированной навигационной системы диспетчерского контроля**

Комплекс технических решений для обеспечения эффективного функционирования системы диспетчерского контроля и учета работы транспорта нефтедобывающих предприятий включает в себя [3]:

- технические компоненты и комплексы средств автоматизации управления, в том числе бортовые абонентские терминалы, а также средства вычислительной техники, устанавливаемые в центральной диспетчерской службе (ЦДС) в диспетчерском центре (ДЦ) операторских центров;

- каналы и средства связи радиотелефонной сети и технические средства сопряжения с ними для обеспечения оперативно-диспетчерской связи, в том числе голосовой, и передачи данных;

- каналы и средства связи и технические средства сопряжения с ними для обеспечения сети оперативно-диспетчерской связи системы;

- каналы и средства связи сотовой радиотелефонной связи (GPRS, CDMA) и технические средства сопряжения с ними для обеспечения сети оперативно-диспетчерской связи системы;

- каналы связи проводной корпоративной сети передачи данных и технические средства сопряжения с ними;

- телематическое обеспечение передвижных объектов;

- каналы и средства спутниковой связи и сотовой радиотелефонной сети передачи данных и технические средства сопряжения с ними.

Вычислительные средства, устанавливаемые в подразделениях органов общего учета и контроля работы транспорта нефтедобывающих предприятий, в ЦДС центра мониторинга (ЦМ), в диспетчерских центрах (ДЦ) и операторских центрах системы, подразделяются на следующие категории:

- сервер баз данных;

- коммуникационный сервер;

- рабочая станция;

- сетевое и коммуникационное оборудование.

Сервер баз данных обеспечивает: накопление, хранение, ведение баз данных системы и доступ к ним; обмен данными ЦДС ЦМ с ДЦ операторских центров и ЛВС региональных грузоперевозчиков, с другими модулями системы.

Коммуникационный сервер обеспечивает накопление и временное хранение навигационных данных по мобильным поверочным установкам, а также коммутацию каналов связи при реализации режимов обмена данными (включая голосовую связь) между диспетчерами системы и водителями МПУ. Рабочие станции модуля ЦДС обеспечивают реализацию автоматизированных технологий информационного сопровождения и диспетчерского управления в соответствии со специализацией автоматизированных рабочих мест.

Сетевое и коммуникационное оборудование системы должно обеспечить: обмен данными между элементами вычислительных сетей системы и серверами радиооборудования, устанавливаемыми в диспетчерских центрах; обмен данными между объектами распределенной сети системы по предоставляемым каналам связи; передачу данных на сервер, определенный соответствующим регламентом – для информирования участников перевозочного процесса. Распределенная сеть системы приведена на рис. 4.

Связь в локальной компьютерной сети ЦДС в ЦМ осуществляется через коммутаторы, объединенные в стек. Минимальные требования к характеристикам коммутатора: скорость коммутации для собранного стека из двух коммутаторов - 48 Гбит/с; объединение в стек до восьми устройств; отказоустойчивое объединение в стек с возможностью «горячей» замены коммутаторов; распределенная отказоустойчивая маршрутизация (Distributed Resilient Routing); хранение таблиц маршрутизации во всех коммутаторах; между устройствами не существует отношений главный-подчиненный.



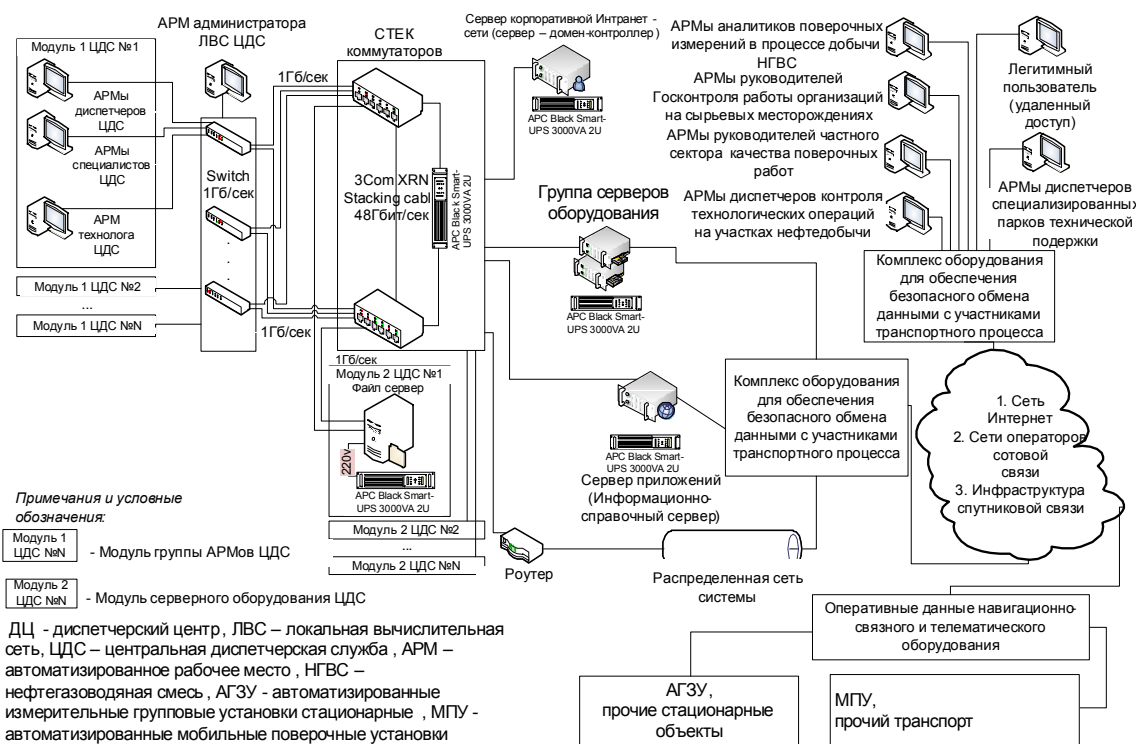


Рис. 4. Распределенная сеть системы

Сервер, выполняющий функции контроллера домена, обеспечивает управление сетью: разграничивает права доступа, обеспечивая, таким образом, защищенный доступ к ресурсам сети.

Сервер приложений выполняет обработку запросов, поступающих от внешних (не ЦДС) пользователей к данным ЦДС ЦМ.

Основная задача сервера внешних приложений – полностью автоматизированный прием и распределение информации для внешних региональных информационных систем и пользователей.

Файл-сервер обеспечивает: накопление, хранение, ведение баз данных системы; доступ к базам данных со стороны отдельных пользователей ЦДС ЦМ и групп пользователей ЦДС со своих рабочих мест с учетом установленных разграничений доступа; обмен данными с организаторами готовности ПС грузоперевозчика, с другими модулями ЦДС ЦМ и другими информационными системами.

Источником оперативных отчетов о движении МПУ нефтедобывающих предприятий, которые в дальнейшем проходят этапы приема, обработки, анализа, накопления, хранения и прочее, является мобильное навигационно-связное оборудование, которым оснащаются МПУ нефтедобывающих предприятий.

С учетом специфики перевозочного процесса МПУ нефтедобывающих предприятий отдельного внимания заслуживает спутниковая связь, используемая в автоматизированной навигационной системе диспетчерского контроля и учета работы транспорта нефтедобывающих предприятий. Основное достоинство спутниковой связи - возможность вести телефонные переговоры в любой точке мира, тогда как владельцы сотовых телефонов могут разговаривать только на территории покрытия станциями сотовой сети. Все сети спутниковой связи предоставляют возможность надежной качественной телефонии. Различия между ними состоят в наборе дополнительных услуг, предлагаемых абоненту (факс, телекс, доступ в Интернет) и области покрытия (некоторые системы не работают на территории Южного и Северного полюсов).

В России действуют системы Инмарсат, Глобалстар, Иридиум и Турайя [4].

Инмарсат (Inmarsat) – первый оператор мобильной спутниковой связи в мире, единственный, кто предлагает полный набор услуг современной спутниковой связи для морских, наземных и воздушных приложений. Глобалстар (Globalstar) – провайдер мобильных услуг спутниковой связи нового поколения, предоставляющий телефонную связь в те районы, услуги связи в которых были ранее недоступны или ограничены. Глобалстар предоставляет доступ к передаче голоса и данных из практически любого населенного района мира.

Российский наземный сегмент системы Глобалстар включает 3 станции сопряжения, расположенные под Москвой, Новосибирском и Хабаровском. Они обеспечивают покрытие на всей территории России южнее 70-й параллели с гарантированным качеством обслуживания.

Иридиум (Iridium) – беспроводная спутниковая сеть, созданная для обеспечения телефонной связи в любой точке планеты в любое время. Универсальный доступный сервис – новые возможности для бизнеса и жизни. Она доступна на всей территории Российской Федерации.

Оснащение передвижных поверочных установок средствами навигации позволит иметь актуальную информацию об их местонахождении на диспетчерском пункте, управлять их перемещением.

Развитие такого подхода позволит использовать системы мониторинга, в которой результаты измерений с использованием системы ГЛОНАСС поступают в централизованную БД, где накапливаются, хранятся и обрабатываются в автоматизированном режиме.

#### **4. Заключение**

Формирование и построение в рамках комплексного проекта: «Создание высокотехнологичного производства инновационной установки для поверки узлов учета нефтегазовой смеси на местах добычи, в нефтедобывающих предприятиях» автоматизированной системы учета и контроля автомобильного транспорта нефтедобывающего предприятия направлено на обеспечение эффективного решения целого ряда комплексных задач, важнейшими из которых являются следующие:

- оперативное планирование сопутствующих транспортному процессу операций для оптимизации затрат физических и материальных ресурсов в единицу времени;
- автоматизированное определение местонахождения подвижных объектов в составе систем комплексного обеспечения безопасности;
- охват максимального количества возможных контролируемых параметров транспорта и объекта перевозок;
- редактирование и выбор оптимальных решений изменения плана движения, в связи с непредвиденными обстоятельствами, в режиме реального времени;
- сопряжение перевозок разных типов и характеристик перевозимых объектов при сохранении параметров эффективности перевозок в целом;
- совершенствование структурной основы взаимодействия основных участников перевозочного процесса;
- оптимизация расходов на обслуживание и ремонт автомобильной и специальной техники.

На базе использования современных навигационных систем GPS и ГЛОНАСС может быть построена распределенная корпоративная автоматизированная система для оперативного доступа к результатам учета работы транспорта, независимо от удаленности транспортных объектов нефтедобывающих компаний.

**Список литературы:** 1. Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Тагищев А. Г., Яшина М. В. Вероятностные потоки и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения М.:Мир, 2003. 368 с. 2. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками: Учебник для вузов. Волгоград: Волгогр. гос. техн. ун-т, 2000. 304 с. 3. Власов В.М., Ефименко Д.Б. Координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО) как единая информационная основа автоматизации базовых технологий на транспорте // Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО – 2007), Вторая Всероссийская конференция, СПб., 2007. С. 137-138. 4. Финько В.И. Автоматизированные радионавигационные системы диспетчерского управления – ключ к реформированию городского пассажирского транспорта // Автотранспортное предприятие. 2002. № 12. С.41-43.

*Поступила в редколлегию 12.11.2011*

**Остроух Андрей Владимирович**, д-р техн. наук, член-корреспондент РАЕ, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления», ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Научные интересы: автоматизация технологических процессов и производств, разработка электронных образовательных ресурсов, дистанционное обучение. Адрес: Россия, 105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, 45/17, кв. 30, тел. +7 (985) 928 6908, e-mail: ostroukh@mail.ru

**Николаев Андрей Борисович**, лауреат премии Правительства РФ, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф., декан факультета «Управление», заведующий кафедрой «Автоматизированные системы управления», ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Научные интересы: автоматизация технологических процессов и производств, разработка электронных образовательных ресурсов. Адрес: Россия, 125368, Москва, ул. Барышиха, 33, корп. 1, кв. 80, тел. +7 (499) 155 0472, e-mail: nikolaev.madi@mail.ru

**Ефименко Дмитрий Борисович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортной телематики», ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Научные интересы: транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте. Адрес: Россия, 125318, Москва, Ленинградский проспект, 64, тел. +7 (499) 155 0838, e-mail: ed2002@mail.ru

**Жанказиев Султан Владимирович**, канд. техн. наук, профессор кафедры «Транспортной телематики», ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Научные интересы: транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте. Адрес: Россия, 125318, Москва, Ленинградский проспект, 64, тел. +7 (499) 155 0838, e-mail: info@tt.madi.ru