

УДК 681.3;65.011.56 : 004.3

## Координирующая информационная система управления инфраструктурами транспортного узла

**А.М. Прохоренков, Р.А. Истратов**

*Политехнический факультет МГТУ, кафедра автоматики и вычислительной техники*

**Аннотация.** В работе рассмотрен круг задач, решение которых необходимо выполнить на этапах разработки и внедрения координирующей информационной системы, которая создается с целью повышения эффективности обработки судов, вагонов, автомобилей и оптимизации перегрузочных процессов в морском порту. В работе представлены результаты, которые были получены при обосновании структуры и состава аппаратно-программных средств, необходимых для построения координирующей информационной системы управления транспортным узлом. Показано, что применение новых информационных технологий в морских портах позволяет ускорить процессы организации и планирования, а развитие методов управления не только сократит время на принятие решений, но и повысит их эффективность.

**Abstract.** In the paper a set of problems has been considered, their solution is necessary for design and application of a coordinating information system. This system is created for increasing efficiency of processing ships, wagons, cars and optimization of overloading processes in a seaport. Some results for basing of structure and composition of software and hardware means needed to design coordinating information system for control of a transport unit have been given. Application of new information technologies in seaports allows accelerate organizational and planning processes. Development of management methods do not only decrease time on decision making, but also increases their efficiency.

**Ключевые слова:** морской порт, морской транспортный узел, портовые услуги, информационные технологии, методы управления  
**Key words:** seaport, sea transport unit, port services, information technologies, management methods

### 1. Введение

Порт Мурманск является важнейшим транспортным узлом на Севере России. В состав Мурманского морского торгового порта (ММТП) входят терминалы генеральных грузов; угольные, контейнерные терминалы; терминалы перегрузки апатита, минеральных удобрений и наливных грузов. ОАО "ММТП" является основным звеном Мурманского транспортного узла (МТУ), программа развития которого является составной частью федеральной целевой программы "Модернизация транспортной системы России" и предусматривает строительство на берегах Кольского залива четырех новых терминалов и ряда объектов инфраструктуры. Реализация этой программы позволит увеличить ежегодный грузооборот Мурманского транспортного узла уже к 2020 г. примерно в 5 раз (до 80 млн т).

Несмотря на ввод в эксплуатацию новых портовых перегрузочных комплексов, потребность России в перегрузочных мощностях удовлетворяется отечественными портами не полностью, по переработке внешнеторговых грузов – менее семидесяти процентов. В этой связи реальным направлением повышения эффективности работы транспортных узлов является оптимизация управления перегрузочными процессами порта, его инфраструктурой на основе применения современных информационных и компьютерных технологий.

Особенностью перегрузочных процессов в порту является их непрерывное развитие, обусловленное как изменением потребностей в переработке тех или иных грузов, так и постоянно изменяющейся обстановкой внутри порта и в обслуживаемых им регионах. Это вызывает необходимость максимальной формализации способов принятия решений по оперативному диспетчерскому направлению перегрузочными процессами, а также при их модернизации и реорганизации.

Кроме предприятий, принимающих непосредственное участие в процессе перевозки и обработки грузов, к основным субъектам, функционирующим в транспортном пространстве, относятся организации политической, финансовой и социальной инфраструктур: законодательные и исполнительные органы Мурманской области; государственные контролирующие органы (ГКО) – транспортная инспекция, таможенный комитет, пограничная и налоговая службы; организации экономической и социальной инфраструктуры; организации финансовой инфраструктуры (кредитные организации, страховые

компания); предприятия-субъекты перевозок; поставщики услуг телекоммуникационной среды; провайдеры доступа в Интернет.

Основной проблемой организации эффективного взаимодействия всех пользователей, участвующих в процессе обработки грузов МТУ, является отсутствие в Мурманской области как регионального, так и портовых логистических центров.

Для организации взаимодействия указанной группы пользователей необходимо обоснование возможности технологического обеспечения решения следующих задач:

- создания центра интеграции информационных систем (ИС) на базе координационного центра;
- организации связи существующих ИС с координационным центром для создания совместных сервисов, синхронизации работы приложений, передачи транзакций;
- взаимодействия ИС внутри логистического процесса для передачи информации, сопровождающей грузопоток;
- осуществления функционирования ИС с банковскими системами и финансовыми институтами для регулирования финансовых потоков.

Для решения отмеченных выше задач необходимо теоретическое обоснование возможности формализации процессов взаимодействия ИС участников процессов перевозки и обработки грузов с контрагентами, государственными контролирующими органами. Решение данных задач весьма актуально для организации сетевого взаимодействия, поскольку отсутствует структура взаимосвязи ИС. Наряду с этим необходимо обоснование структуры и аппаратно-программной реализации координирующей системы управления инфраструктурами транспортного узла.

## 2. Современное состояние вопроса информационного обеспечения для решения задач оперативного управления грузопотоками морского порта

В ходе проведенных исследований были выявлены основные особенности и возможности организации информационной интеграции ИС при обеспечении единого технологического процесса обработки грузопотоков в транспортном узле, а также определены причины, вызывающие семантическую неопределенность информационных ресурсов и ИС (Квятковская, 2009b; Квятковская, Френкель, 2007). В этом плане полезен опыт решения схожих задач информационного взаимодействия участников Астраханского регионального транспортного комплекса, где взаимосвязь ИС с лицами, принимающими решения (ЛПР), осуществляется на базе территориального логистического центра (Турпищева и др., 2006). В информационном пространстве кластера используется множество тезаурусов  $Tez = \{a, b, g, \dots\}$ , каждый из которых отождествлен с системой понятий, характерных для различных предметных областей (ПрО):  $\alpha(ПрО_1)$ ,  $\beta(ПрО_2)$ , ... . Определением объектов в информационном уровне является отображение сущности физического объекта  $Obj$  посредством его представления в тезаурусе  $a$  предметной области (пользователя)  $ПрО$ :

$$\langle Obj \rangle_{\alpha} \xrightarrow{\alpha(ПрО_2)} \langle Obj \rangle_{\alpha} \sim \{Obj, \alpha, \langle Obj \rangle_{\alpha}\}. \quad (1)$$

Отметим ряд причин (Квятковская, 2009b), вызывающих неопределенность информационных ресурсов (ИР) и ИС:

1. Наличие множества представлений объекта  $Obj$  в тезаурусах  $\alpha, \beta, \gamma$ :  $\alpha \neq \beta \neq \gamma$

$$\{Obj, \alpha, \langle Obj \rangle_{\alpha}\}, \{Obj, \beta, \langle Obj \rangle_{\beta}\}, \{Obj, \gamma, \langle Obj \rangle_{\gamma}\}, \quad (2)$$

$$\{\langle Obj \rangle_{\alpha} \cup \langle Obj \rangle_{\beta} \cup \langle Obj \rangle_{\gamma}\} \subset Pr(Obj).$$

Объединение (2) представлений не всегда совпадает с проекцией истинных свойств физического объекта.

2. В процессе логистического обслуживания сквозного бизнес-процесса возникает цепочка информационного взаимодействия, передающая образ объекта от входа к выходу ИС с различным тезаурусом, и данная цепочка вызывает искажение исходной сущности, увеличивающееся на стыках бизнес-процессов:

- 2.1. В случае одностороннего обмена информацией (Квятковская, 2009a):

$$Obj \xrightarrow{\alpha(ПрО_1)} \langle Obj \rangle_{\alpha} \xrightarrow{\beta(ИС_1)} \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta} \xrightarrow{\gamma(ПрО_2)} \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta, \gamma} \xrightarrow{\delta(ИС_2)} \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta, \gamma, \delta},$$

где совокупность  $\{Obj, \alpha(ПрО_1), \langle Obj \rangle_{\alpha}\}$  задает образ  $\langle Obj \rangle_{\alpha}$  сущности  $Obj$  в тезаурусе  $\alpha(ПрО_1)$ , где  $\{Obj, \beta(ИС_1), \langle Obj \rangle_{\beta}\}$  – прообраз  $\langle Obj \rangle_{\alpha, \beta}$  образа  $\langle Obj \rangle_{\alpha}$  в тезаурусе информационной системы  $\beta(ИС_1)$ .

Отсутствие информационного взаимодействия вызывает искажение в передаче информации от ИС с тезаурусом  $\beta(ИС_1)$  к другой ИС с тезаурусом  $\gamma(ИС_2)$ , основанной на тезаурусовой предметной области  $ПрО_2$ :

$$\langle Obj \rangle_{\alpha, \beta} \xrightarrow{\gamma(PrO_2)} \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta, \gamma}, \text{ причем } \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta} \neq \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta, \gamma}.$$

2.2. В случае двустороннего обмена информацией между ИС<sub>1</sub> и ИС<sub>2</sub>:

$$\langle Obj \rangle_{\alpha, \beta} \left[ \left\langle \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta, \gamma} \right\rangle_{\delta} \right] \xleftarrow{\delta(ИС_2)} \xrightarrow{\gamma(PrO_2)} \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta, \gamma} \xrightarrow{\delta(ИС_2)} \langle Obj \rangle_{\alpha, \beta, \gamma, \delta}.$$

Проблемы информационной интеграции ИС имеют два аспекта: структурный (возможность согласования модулей ИС) и семантический (возможность установления соответствия между информационным представлением сущностей ИС) (Квятковская, Френкель, 2007; Прохоренков, Истратов, 2011b). Такой подход позволяет обосновать выбор структуры и состав аппаратно-программных средств, необходимых для построения информационной системы. Построенная по такому принципу ИС может решать задачи только на уровне конечной цепочки информационного взаимодействия в реальном масштабе времени. Она не способна решать задачи координации ИС участников процессов управления, входящих в состав транспортной системы, из-за возможных искажений в процессе передачи разнородной информации, а также информационных сбоев, возникающих вследствие неизбежных распараллеливаний при реализации различных по своей природе вычислительных процессов на стыках различных бизнес-процессов.

### 3. Решение задачи информационного взаимодействия с использованием методов имитационного моделирования

Функционирование инфраструктур, входящих в состав МТУ, а также их информационное взаимодействие с поставщиками грузов и грузополучателями, входящими в состав транспортной системы, математически описать невозможно. Это связано со сложным видом алгоритмического описания функционирования оборудования, входящего в состав технологических процессов обработки различных видов грузов, например апатита, минеральных удобрений, угля, нефтепродуктов, контейнеров, труб, и пр. К тому же, процессы, протекающие в цепях поставки (движение железнодорожных составов, судов) и на участках обработки грузов (промышленные предприятия и причалы портов), носят случайный, нестационарный характер. Рассмотрим возможность описания процессов, протекающих в цепях поставок транспортных систем, а также взаимодействие с другими компонентами систем путём обмена информацией с использованием методов имитационного моделирования, математическим объектом которых являются дискретные динамические системы. Дискретная динамическая система  $DC^{ml}$ , описываемая имитационной моделью  $iml \in t_{im}$ , будет рассматриваться как структура разнотипных компонентов технологических процессов, функционирование которых определено в пространстве состояний на некотором общем интервале времени. Это время будем отображать в имитационных моделях модельным временем  $\tau_{iml} \in R[0, \infty]$ . Поведение структуры компонентов имитационной модели  $K^{DC^{ml}} = \{k_i^{DC^{ml}}\}$  является множеством всех отображений  $k_i^{DC^{ml}}: t^{iml} \rightarrow C^{iml}$ , которые описываются ступенчатыми функциями от времени. Тогда любое траекторное движение  $k^{DC^{ml}} \in K^{DC^{ml}}$  дискретной системы  $DC^{ml}$  будет описывать изменение состояния технических средств доставки и обработки грузов на интервале модельного времени  $t^{iml}$ . Эти состояния будем интерпретировать как события  $S$  на траекториях функционирования дискретных систем  $DC^{ml}$ . В пространстве состояния на траекториях дискретных систем будем различать локальные  $LS$  и глобальные события  $GS$ . Локальное событие  $LS^{iml} \in k^{DC^{ml}}$  определяется как некоторое событие  $LS^{iml}$  на траектории  $k^{DC^{ml}}$  компонента  $DC^{ml}$ . Тогда событие  $LS_i^{iml}$  с номером  $i$ -траектории  $k^{DC^{ml}}$  компонента  $DC^{ml}$  можно определить в пространстве состояния и в функции времени как  $LS_i^{iml} = \langle k_i^{DC^{ml}}, t_i^{iml} \rangle$ . Отображение траектории  $k_i^{DC^{ml}}: t^{iml} \rightarrow C^{iml}$  определяет образ локального события  $LS_i^{iml}$  и позволяет описать изменение состояния компонента  $DC^{ml}$  в соответствующий момент времени следующим образом:  $k^{DC^{ml}}(t) = k_i^{DC^{ml}}[k^{DC^{ml}}(t_{i-1}^{iml})]$ . Компоненты дискретной системы  $DC^{ml}$  могут осуществлять взаимодействие с другими компонентами дискретных систем путём обмена информацией в виде сообщений соответствующего формата (протокола). Каждый обмен сообщениями между компонентами системы определяется как глобальное событие, которое всегда является подсобытием некоторого локального события  $LS \in GS$ , инициировавшего данный обмен. Все одновременные глобальные события являются независимыми. Передача сообщения между компонентами осуществляется по соответствующим каналам, множество которых образует сеть связей компонентов.

Рассмотрим использование метода имитационного моделирования процессов на примере функционирования терминала апатитового концентрата ММТП. Общая модель деятельности терминала апатитового концентрата может быть записана как кортеж, т.е. упорядоченный набор из элементов, называемых компонентами кортежа. Кортеж имеет вид:

$$DTAK = \langle OP, RP, Z, MF, PK \rangle, \quad (3)$$

где компоненты кортежа:  $OP$  – множество основных процессов, протекающих в терминале;  $RP$  – множество собственных ресурсов, участвующих в погрузочно-разгрузочных работах;  $Z$  – множество заявок на осуществление погрузочно-разгрузочных работ, поступающих от клиентов порта;  $MF$  – множество метеорологических факторов, влияющих на работу порта;  $PK$  – множество показателей качества логистического обслуживания, на основе которых производится анализ качества функционирования терминала.

Опишем содержание основных компонент кортежа (3):

1. Основные процессы терминала:

$$OP = \langle op_i, z_i, tt_i, gp_i, tg_i, kg_q \rangle.$$

Тип транспорта клиента:

$$tt_i = \begin{cases} 0, & \text{если ж/д транспорт,} \\ 1, & \text{если водный транспорт.} \end{cases}$$

В данном случае в  $OP$  будет отсутствовать параметр  $pr_i$ , т.к. терминал имеет всего один причал. Также в множество не входит параметр номера склада  $sk_i$  – на терминале он один.

Номер железнодорожных путей:

$$gp_i = \begin{cases} 0, & \text{если ж/д пути не задействованы,} \\ 5, & \text{если 5-й путь,} \\ 6, & \text{если 6-й путь,} \\ \dots & \dots \dots \dots \\ f, & \text{если путь номер } f. \end{cases}$$

Тип погрузочной техники и его количество уже заранее известны – это машина "Роксон". Максимальная интенсивность погрузки – 1050 тонн/час;  $tg_i$  – тип груза согласно заявке клиента (сорт апатитового концентрата);  $kg_q$  – количество груза согласно заявке.

2. Множество собственных ресурсов:

$$RP = \langle SK, TR \rangle,$$

где  $SK$  – множество, определяющее характеристики складского комплекса следующим образом:

$$SK = \{ssk_i, gv_i, zosk_i\},$$

где  $ssk_i$  – номер секции склада (их три);  $gv_i$  – грузоподъемность секции склада;  $zosk_i$  – объем склада, занятого грузом.

Множество трудовых ресурсов порта:

$$TR = \{kvr_i, krkv_i, tpt_i\},$$

где  $kvr_i$  – квалификация трудовых ресурсов;  $tpt_i$  – типы погрузочной техники, на которой может работать трудовой ресурс с данной квалификацией;  $krkv_i$  – количество трудовых ресурсов данной квалификации, имеющихся в порту.

3. Множество заявок:

$$Z = \{kg_q, vp_i^{otgr}, vp_i^{pogr}, sz_i\},$$

где  $vp_i^{otgr}$  – время прибытия транспорта клиента с грузом в порт;  $vp_i^{pogr}$  – время прибытия транспорта клиента, который будет участвовать в погрузке;  $sz_i$  – состояние заявки:

$$sz_i = \begin{cases} 0, & \text{если заявка рассматривается,} \\ 1, & \text{если заявка принята,} \\ 2, & \text{если заявка отклонена.} \end{cases}$$

4. Множество метеорологических факторов:

$$MF = \{led_i, tum_i, sv_i, t_i\},$$

где  $led$  – признак наличия ледостава;  $tum_i$  – признак наличия тумана:

$$led_i = \begin{cases} 0, & \text{если ледостава нет,} \\ 1, & \text{если ледостав есть;} \end{cases} \quad tum_i = \begin{cases} 0, & \text{если тумана нет,} \\ 1, & \text{если туман есть;} \end{cases}$$

$sv_i$  – значение скорости ветра;  $t_i$  – значение температуры воздуха. Температурный режим накладывает ограничение на использование погрузочной техники.

5. Множество показателей качества:

$$PK = \{pk_i, zpk_i\},$$

где  $pk_i$  – показатель качества логистического обслуживания:

$$pk_i = \begin{cases} \text{КП, если показатель "Качество погрузки"}, \\ \text{БП, если "Безотказность погрузки"}, \\ \text{ТО, если "Транспортное обслуживание"}, \\ \text{СП, если "Скорость погрузки"}, \\ \text{СГ, если "Сохранность груза"}, \\ \text{СР, если "Степень ритмичности отправления/прибытия грузов"}, \\ \text{СРг, "Степень регулярности перевозок"}, \end{cases}$$

$zpk_i$  – значение показателя качества  $pk_i$  (значение приводится в процентах).

В качестве приложения рассмотрим процесс обработки судна "Импорт груза". Технологическая схема информационных потоков при осуществлении режима "Импорт груза" представлена на рис. 1.

1. Судовладельцы самостоятельно либо через своих агентов направляют в диспетчерскую службу соответствующего Терминала предварительную информацию об ожидаемой дате прихода судна в порт за 10 сут до планируемой даты прихода, а также уточняют ожидаемое время прихода судов за 48, 24 и 4 ч до прихода судна в порт.

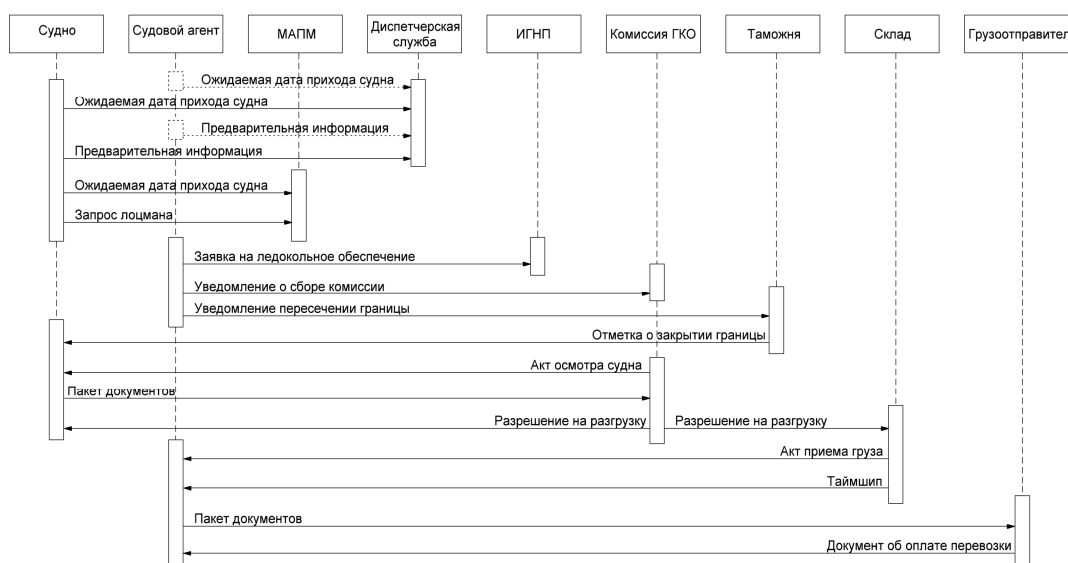


Рис. 1. Технологическая схема информационных потоков при осуществлении режима "Импорт груза"

Предварительная информация о подходе судна должна содержать следующую информацию: наименование судна, флаг, планируемая дата прихода в порт, максимальная осадка и высота надводного борта на приход/отход, основные размеры судна, количество трюмов, предъявляемых к загрузке/разгрузке и их размеры, количество и номенклатура груза, подлежащего погрузке/выгрузке, сведения о тяжеловесных, длинномерных и негабаритных грузах, указание особых физико-химических свойств грузов, наличие грузовых документов и т.п.

2. Агент передает информацию диспетчеру Морской администрации порта Мурманск (МАПМ) об ожидаемом прибытии судна и запрашивает лоцмана для проводки судна. МАПМ выполняет функции портовых властей и осуществляет государственный надзор за безопасностью плавания всех судов и плавучих средств, за соблюдением национального законодательства и международных договоров в области безопасности мореплавания, охраны человеческой жизни на море, предупреждения загрязнения окружающей природной среды. Наряду с этим, МАПМ также организует управление движением судов, информационное, радиолокационное, лоцманское, буксирное и ледокольное обеспечение мореплавания, выполняет иные функции в соответствии с требованиями международных договоров и действующего законодательства Российской Федерации.

3. При замерзании Кольского залива заявки на ледокольное обеспечение подаются через судовых агентов в адрес инспекции государственного надзора порта (ИГНП) за 24 ч и уточняются до начала запланированной операции. Разрешение на подход к причалам порта суда получают в портнадзоре через судового агента.

4. Диспетчерская служба включает заявку в график и определяет план выполнения графика и время перегрузочных работ по каждой заявке. Агент организует доставку на судно комиссии ГКО,

предварительно оповещенной заявками. Таможенная служба получает уведомление о пересечении границы от пограничной службы.

5. Комиссия работает на судне, после чего составляется акт.

6. Груз выгружается в одном из определенных мест разгрузки. Агент представляет документы на склад для подготовки к выгрузке, с отметкой таможни о прибытии груза. После выгрузки подаются документы – акт приема выгруженного груза и таймшип, подписанный на складе, об отсутствии претензий к грузу.

7. После оформления таможенными представителями груза на склад временного хранения судовой агент передает документы в представительство грузоотправителя. Грузовладелец оплачивает стоимость услуги перевозки, рассчитывается с агентом и связывается с агентствующей фирмой для продолжения перевалки.

Анализ информационных потоков сложного технологического процесса обработки судна показывает, что на всех этапах выполнения различных видов работ происходит активный обмен разнородной информацией в рамках корпоративных сред МАПМ, ИГНП, между ИС различных контрагентов, а также между ИС ГКО. Это подтверждает целесообразность использования аппарата метода имитационного моделирования при решении задач информационного сопровождения участников процессов перевозки и обработки грузов с контрагентами и ГКО. Такой принцип позволяет рассматривать описываемую систему вне зависимости от используемых для ее реализации информационных технологий, программных средств и аппаратных платформ. Наряду с этим, наличие моделей и информационного сопровождения делает возможным разработку интеллектуальных систем, приложения которых позволяют пользователям создавать виртуальные транспортные предприятия, которые могут быть интегрированы в среде Интернета (*Прохоренков, Истратов, 2011б*).

#### **4. Разработка информационной системы управления перегрузочными процессами ММТП**

Программа инновационного развития ОАО "Мурманский морской торговый порт" на период 2011-2015 гг. предусматривает совершенствование системы информационной поддержки управления технологических процессов и является существенной частью комплекса мероприятий по разработке и внедрению инноваций. Для реализации успешной деятельности предприятия разрабатывается и внедряется комплексная информационная система. Эта система может быть представлена в виде локальной вычислительной сети (ЛВС), которая объединяет рабочие места пользователей. Для решения отмеченных выше задач прикладное программное обеспечение разрабатываемой ИС должно включать ряд подсистем. К основным из них необходимо отнести следующие подсистемы: финансово-бухгалтерский учет; кадровый учет; учет грузов; оперативное диспетчерское управление; учет обработки вагонов; учет работы механизмов; учет и обработка архивных документов; учет прохождения входящей и исходящей корреспонденции; программы автоматической обработки сведений и обмена данными; ПО системы видеонаблюдения; программа управления производственными процессами специализированного комплекса грузового района № 3 ММТП; информационно-справочные программы; учет технического состояния вагонов и техники; информация о ремонте вагонов и техники.

Внедрение ИС позволяет автоматизировать рабочие места диспетчерских служб, отдела механизации, грузовых складов, диспетчеров по железнодорожным операциям и других отделов, что приводит к снижению количества ошибок, времени расчетов и формирования отчетности, вследствие чего повышается оперативность получения данных для принятия управленческих решений.

Использование современной СУБД позволяет не только хранить большой объем информации, но и значительно увеличить скорость выбора информации и математических действий с ней при составлении (получении) необходимых отчетов.

На рис. 2 представлена структура ИС. Применение клиент-серверной архитектуры позволяет ускорить обработку информации за счет исключения передачи по локальной сети исходной информации для проведения расчетов. Автоматический ввод и вывод информации о планировании обработки судов, реализуемые системой, позволяют прогнозировать прием и расстановку судов по причалам, планировать подачу и накопление грузов на складских площадях, что ведет к уменьшению стальной времени обработки судов, а также времени простоя на рейде (*Прохоренков, Истратов, 2011а*).

Наличие информации по планированию и фактическому выполнению погрузки/выгрузки судов (вагонов, автомашин) значительно уменьшает время формирования отчетов, и, как следствие, – сокращает время анализа выполнения плана погрузо-разгрузочных работ и позволяет своевременного вносить изменения в сменно-суточный план.

Автоматическое получение информации по выходу докеров и наличию (состоянию) перегрузочной техники увеличивает оперативность управления трудовыми ресурсами, что сводит к минимуму вероятность возникновения непроизводительных простоев.

Анализ информации по обработке вагонов не только уменьшает риск появления "брошенных вагонов", ускоряет их поиск, но и позволяет снизить грузонапряженность путей, увеличить оперативность принятия решений по обработке вагонов и снизить затраты на пользование вагонами.

Электронный обмен данными с ОАО "РЖД" клиентами порта и их автоматическая интеграция в систему позволяют осуществлять более четкое планирование работ, равномерное пополнение складов, улучшают своевременность поставки грузов, уменьшают риск затора вагонов и улучшают взаимоотношения с клиентами.



Рис. 2. Структура информационной системы

## 5. Аппаратно-программная реализация координирующей системы управления

Для руководства работами в координирующей информационной системе управления транспортным узлом, с учетом технологии выполнения работ, численности работающего персонала, необходимо организовать следующие системы связи, сигнализации и передачи данных:

- внутрипроизводственная автоматическая телефонная связь;
- оперативная телефонная связь диспетчера предприятия с диспетчером железной дороги и операторами пульта управления за счет услуг цифровой телефонной станции;
- технологическая двухсторонняя громкоговорящая связь операторов с персоналом, обслуживающим оборудование, машинистами портальных кранов (грейферных перегружателей), работающих на причале, складе, на базе цифровой коммутационной системы связи и громкоговорящего оповещения, которое обеспечивает передачу информации производственного характера, а также сообщений о возникновении пожара;
- локальная компьютерная сеть;
- система технологического и охранного видеонаблюдения за процессом работы погрузочных машин, складов, пересыпных станций, причала, станции погрузки вагонов.

Радиосвязь морской подвижной службы с судами на подходе организуется на базе существующей радиостанции. Передача информации от переговорных устройств технологической связи, видеосигнала с телекамер видеонаблюдения на видеоконтрольные устройства осуществляется на базе радиомодемов.

Подключение сетей связи, сигнализации и передачи данных на всех терминалах к сетям связи координирующей системы управления можно реализовать телефонным и волоконно-оптическим кабелем.

Состав аппаратно-программных средств, необходимых для построения координирующей информационной системы управления МТУ представлен на рис. 3. Особенностью построения координирующей информационной системы является то, что в каждом терминале МТУ должна использоваться своя аппаратура, состоящая из контроллеров, оснащённых необходимым набором модулей входов/выходов и станции распределённого ввода/вывода, которая реализует алгоритмы функционирования конкретных технологических процессов (Прохоренков, Истратов, 2012). К примеру, на перегрузочных терминалах сыпучих грузов конвейерного типа используются контроллеры и станции, которые соединены между собой по интерфейсу Industrial Ethernet. Процессорные модули и интерфейсные модули подключаются к коммутаторам с помощью патч-кордов. Для подключения системы управления погрузочными машинами поставляется точка доступа для установки на галерею

транспортёров, вдоль которых движется погрузочная машина, и клиентский модуль подключения шины погрузочной машины по беспроводному каналу Industrial Ethernet IEEE 802.11/g.

Для работы беспроводных связей поставлены соответствующие антенны, соединительные кабели и блоки питания. Если подключить точку доступа по витой паре к коммутатору, то это позволит получать всю информацию, доступную на панели оператора в кабине погрузочной машины, любому из устанавливаемых ПЛК и пересылать туда необходимую информацию без проводов, минуя кабельный барабан.

Всё оборудование должно быть оснащено внешними модулями памяти, которые позволяют менять активное коммутационное оборудование в случае отказа без переконфигурирования. Антенны, точки доступа и кабели, используемые для прокладки на открытом воздухе, имеют расширенный температурный диапазон и предназначены для наружной эксплуатации.

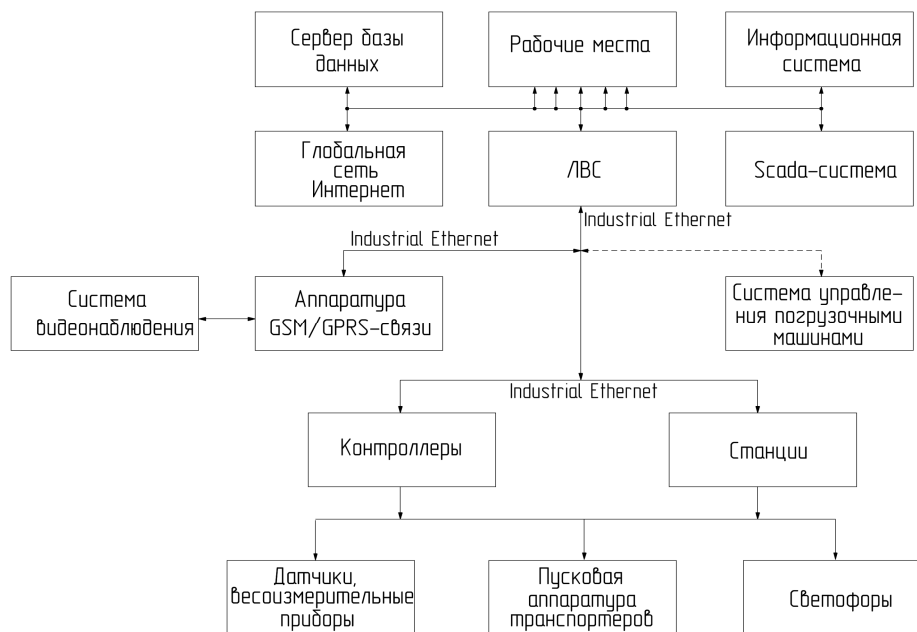


Рис. 3. Аппаратно-программные средства координирующей информационной системы

Для контроля количества груза, отгружаемого на склад, на транспортёрах установлены конвейерные весы с точностью измерения  $\pm 1\%$ . Весы состоят из двух роликовых опор, датчика скорости и блока измерения веса в отдельном подвесном шкафу, устанавливаемом в непосредственной близости от измерительных опор. Блок измерения подключен к микропроцессорной системе по протоколу RS-485, что позволяет оперативно передавать информацию в разрабатываемую координирующую ИС.

## 6. Заключение

Предлагаемый в статье подход позволяет осуществлять информационное взаимодействие участников процессов перевозки и обработки грузов с контрагентами и ГКО без искажения и потери информации.

В работе показано, что использование методов имитационного моделирования, математическим объектом которых являются дискретные динамические системы, описываемые имитационными моделями, делает возможным рассмотрение их в качестве элементов структур разнотипных компонентов технологических процессов, функционирование которых определено в пространстве состояний на некотором общем интервале времени. Это время отображается в имитационных моделях модельным временем, а компоненты дискретной системы могут осуществлять взаимодействие с другими компонентами дискретных систем путём обмена информацией в виде сообщений соответствующего формата. Такой принцип позволяет рассматривать описываемую систему вне зависимости от используемых для ее реализации информационных технологий, программных средств и аппаратных платформ. В статье представлена структура и аппаратно-программная реализация координирующей системы управления инфраструктурами транспортного узла.

Наличие моделей и информационного сопровождения делает возможным разработку интеллектуальных систем, приложения которых позволяют пользователям создавать виртуальные транспортные предприятия, которые могут быть интегрированы в среде Интернета.



## Литература

- Квятковская И.Ю.** Система управления региональным транспортным кластером. *Датчики и системы*, № 5, с.7-11, 2009а.
- Квятковская И.Ю.** Разработка методов обеспечения совместимости и интеграции элементов транспортно-логистических систем в зоне технологического процесса грузоперевалки. *Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та*, № 2, с.68-75, 2009б.
- Квятковская И.Ю., Френкель М.Б.** Формирование информационно-коммуникационной структуры регионального кластера. *Астрахань, АГТУ*, 124 с., 2007.
- Прохоренков А.М., Истратов Р.А.** Разработка информационной структуры порта в составе транспортного узла. *Сборник науч. трудов SWorld. Матер. междунар. науч.-практ. конф. "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011". Одесса, Черноморье*, вып. 4, т. 1, с.85-91, 2011а.
- Прохоренков А.М., Истратов Р.А.** Информационное обеспечение процессов управления в инфраструктурах транспортного узла. *Междунар. НТК "Наука и образование-2011". Матер. МНТК. Мурманск, МГТУ*, с.1262-1266, 2011б.
- Прохоренков А.М., Истратов Р.А.** Управление грузопотоками морского порта, входящего в состав транспортного узла. *Междунар. НТК "Наука и образование-2012". Мурманск, МГТУ*, с.923-927, 2012.
- Турпищева М.С., Титов А.В., Дусшанова А.К.** Астраханский транспортный узел. *Астрахань, Триада*, 100 с., 2006.