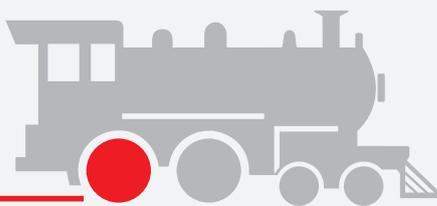


сетевое издание

# НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

## ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

### В ВЫПУСКЕ

#### **СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

Розенберг И.Н., Цветков В.Я.

«РАСПРЕДЕЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ»

Беляков С.Л., Белякова М.Л., Залилов Э.Ф.

«РЕКОНФИГУРИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕЦЕДЕНТНОГО АНАЛИЗА ОБРАЗОВ»

Майоров А.А.

«ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ»

#### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

Охотников А.Л., Новожилов Е.О.

«РЕСУРСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПУТИ»

Булгаков С.В.

«ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИКА»

#### **ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ**

Ознамец В.В.

«ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

#### **ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Дзюба Ю.В.

«УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ»

# № 3

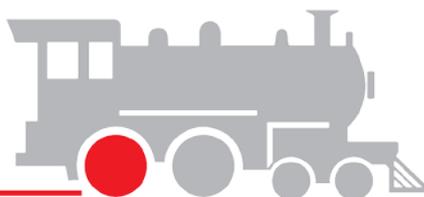
Сентябрь 2018



сетевое издание

# НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

## ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

Выпуск 3 (7)

Сентябрь 2018

### Стратегия развития железных дорог

- Розенберг Игорь Наумович, Цветков Виктор Яковлевич*  
Распределенное управление на транспорте 3
- Беляков Станислав Леонидович, Белякова Марина Леонтьевна,  
Залилов Эльдар Фаридович*  
Реконфигурирование механических транспортных систем  
с использованием прецедентного анализа образов 17
- Майоров Андрей Александрович*  
Информационно-измерительные технологии на транспорте 26

### Интеллектуальные системы и технологии на транспорте

- Охотников Андрей Леонидович, Новожилов Евгений Олегович*  
Ресурсный подход к оценке технического состояния пути 41
- Булгаков Сергей Владимирович*  
Интегрированная логистика 57

### Геоинформационные технологии и системы на транспорте

- Ознамец Владимир Владимирович*  
Геодезическое обеспечение цифровой железной дороги 64

### Цифровые методы на железнодорожном транспорте

- Дзюба Юрий Владимирович*  
Управление транспортом на основе метода прецедентов 71



УДК: 656, 004.89, 656.052

## РАСПРЕДЕЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

- Розенберг И.Н.** д.т.н., профессор, Генеральный директор, АО «НИИАС»,  
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Москва, Россия
- Цветков В.Я.** д.т.н., профессор, зам. руководителя Центра, АО «НИИАС»,  
E-mail: cvj2@mail.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья исследует проблемы распределенного управления применительно к транспортным сетям. Статья дает анализ моделей транспортной сети. Показано, что транспортная сеть является оверлейной сетью. Выделены две задачи распределенного управления. Первая задача управления - задача маршрутизации. Вторая задача распределенного управления - задача активации объекта в транспортной сети. Показано преимущество распределенного управления в условиях возрастания объемов информации.
- Ключевые слова:** транспорт, управление, распределенные системы, распределенное управление, транспортная сеть, маршрутизация

## DISTRIBUTED TRANSPORT MANAGEMENT

- Rosenberg I.N.** DofSci.(Tech), Professor, General Director, JSC «NIIAS»,  
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Moscow, Russia
- Tsvetkov V.Ya.** D.ofSci.(Tech), Professor, deputy head of Center, JSC "NIIAS",  
E-mail: cvj2@mail.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article explores the problems of distributed control in relation to transport networks. The article analyzes transport network models. It is proved that the transport network is an overlay network. The article highlights two tasks of distributed control. The first management task is routing. The second task of distributed control is the task of activating an object in a transport network. The article describes the advantage of distributed management in the context of increasing volumes of information.
- Keywords:** transport, management, distributed systems, distributed control, transport network, routing

### Введение.

Развитие транспортных сетей (ТС) [1] характеризуется интенсификацией материальных потоков [2], что требует разработки новых методов управления повышающих надежности маршрутов в сети [3]. Все это осуществляется в рамках единой транспортной политики [4]. Одним из путей развития транспортных сетей является распределенное управление. Распределенное управление тесно связано с распределенными системами. Примерами распределенных систем являются распределенные вычислительные системы, распределенные информационные системы и коммуникационные сети. В этих системах накапливается опыт распределенного управления. Распределенное управление на транспорте развивается в двух основных направлениях: первое направление - совершенствование методов маршрутизации в

сети; второе направление - активизация объектов, перемещающихся по сети с передачей им части управленческих функций.

Первое направление связано с тем, что в реальной транспортной сети осуществляется управление не одиночными объектами, а материальными потоками [2]. При этом главной задачей является перевозка по маршруту от начала до конца, а не между отдельными узлами сети. Второе направление - активизация объекта транспортной сети, связана с появлением технологий интернета вещей [5] и трансформации этой технологии в технологию транспортных кибер-физических систем [6] (ТКФС). Активизация объектов транспортной сети связана также с развитием технологии цифровой железной дороги (ЦЖД) [7, 8]. Эти два вида второго направления отличаются типами управления. Управление в рамках ЦЖД является централизованным, сетевым и распределенным. Управление с применением ТКФС ближе к субсидарному управлению [9-11]. Оба вида второго направления используют теорию распределенных систем.

Следует отметить наличие опыта в области распределенных систем в области коммуникации, анализа, хранения информации и вычислительных систем. Среди распределенных систем выделяют: асинхронные распределенные системы [12], распределенные информационные системы [13], распределенные базы данных [14], распределенные аналитические системы [15], распределенные интеллектуальные системы [16], распределенные системы принятия решений [17]. Такое многообразие позволяет обобщить опыт применения и управления распределенными системами и перенести этот опыт в сферу транспорта с учетом транспортной специфики.

**Модели транспортных сетей.**

Транспортная сеть может быть рассмотрена как глобальная транспортная сеть (ГТС) и как локальная транспортная сеть (ЛТС). Глобальная транспортная сеть характеризуется гетерогенностью, то есть неоднородностью структуры. Она включает блоки, которые образованы локальными сетями. Локальная сеть, как пример, это сеть станции, которая является фрагментом глобальной транспортной сети (рис.1). Глобальная сеть это сеть между станциями и городами. Организации управленческих процессов в любой транспортной сети (ТС) предполагает, что сеть уже существует и удовлетворяет определённым требованиям.

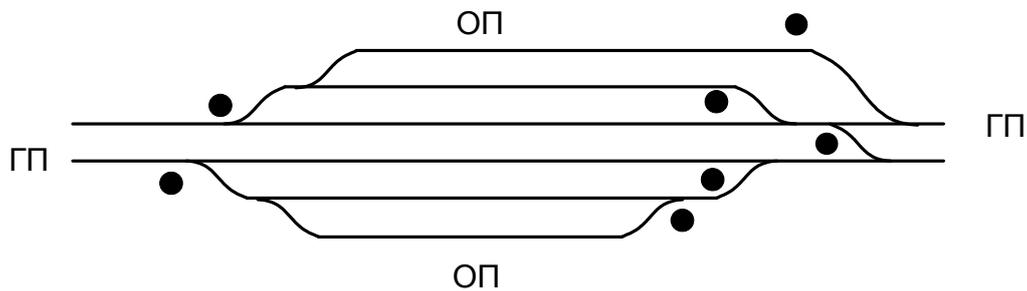


Рисунок 1. Фрагмент транспортной сети

На рис.1 показаны главные пути (ГП) и объездные пути (ОП). Это простой пример топологии локальной узловой станции. В глобальной транспортной сети существуют две стратегические задачи: *задача организации взаимодействия* перевозочных процессов и *задача распределенного управления*. Задача организации взаимодействия перевозочных процессов решается при следующих условиях:

1. Существуют планы маршрутов перевозочных процессов;
2. Существует множество ресурсов в виде дорог для перевозки имеющих ограниченную пропускную способность;
3. Перевозочные процессы могут выполняться по параллельным маршрутам в сети;
4. Процессы перевозок выполняются в виде транзакций между соседними узлами
5. В системе управления существует возможность перемаршрутизация процессов;
6. В гетерогенной транспортной сети существуют две индивидуальные задачи взаимодействия: задача транспортного средства - доставить в срок груз от начального узла до конечного в заданный срок; задача узла – как можно быстрее избавиться от транспортного средства.

7. В системе управления сетью существует корпоративная задача - обеспечить согласованную перевозку грузопотоков по сети даже при нарушении исходного плана перевозок

8. В гетерогенной транспортной сети существует неоднородность. В первую очередь она обусловлена как минимум, двумя типами узлов. Первый тип узлов - это узел на котором происходит регулировка движения: проезд или задержка. Второй тип узлов - это узел на котором происходит регулировка движения и сортировка. На узле второго типа происходят также операции разгрузки / погрузки. То есть гетерогенность сети является технологической.

9. Перевозки в транспортной сети решаются локально и глобально. Локальная перевозка осуществляется в виде транзакций между узлами. Глобальная перевозка решается путем организации маршрута из пункта отправки груза (начальный узел) в пункт доставки (конечный узел). Топологическая модель маршрута перевозки включает множество связанных узлов. Динамическая модель маршрута включает множество связанных транзакций. По этой причине для ее описания можно использовать цепи Маркова [18].

Таким образом в транспортной сети решаются две задачи: пространственная и динамическая. Пространственная задача связана с построением в пространстве схемы маршрута в виде цепочки связанных узлов от начальной точки для конечной. Динамическая задача связана с построением цепочки связанных транзакций для перемещения груза из начальной точки в конечную. Главной является цепочка транзакций, то есть доставка груза. Обе задачи в совокупности представляют собой логистическую концепцию Just In Time (JIT) [19]. Пространственная задача обеспечивает "Just", а динамическая задача обеспечивает "Time".

Задача распределенного управления состоит в том, как наиболее эффективно осуществить передачу грузопотока по сети от начальных транспортных узлов к конечным узлам, при наличии динамики в структуре и ограниченной пропускной способности узлов. При решении этой задачи существуют следующие условия:

1. Транспортная гетерогенная сеть имеет многосвязную топологию, в которой присутствуют физические соединения между узлами.
2. Связи между соседними узлами являются фиксированными, но структура логических связей в сети может динамически изменяться.
3. Связи между соседними узлами являются фиксированными, но пропускная способность между соседними узлами в сети может динамически изменяться.
4. Грузопотоки, включая их объём и направление начально определены.
5. Грузопотоки в процессе перевозки могут меняться;
6. Для организации грузопотоков через сеть требуется решать задачи разделения ресурсов

между грузопотоками в условиях недостатка этих ресурсов;

7. Управление разделением ресурсов имеет тенденцию к децентрализации. Это обусловлено противоречием внутренних задач.

8. Общее условие задачи распределенного управления имеет аналогом муравьиный алгоритм [20, 21], то есть сочетание индивидуальных задач (жадный алгоритм) и корпоративной задачи (групповой алгоритм).

В настоящее время алгоритмы распределенного управления можно классифицировать на основании трех базовых моделей, приводимых ниже.

1. Модель МУМР много узлов – много ресурсов (рис.2).

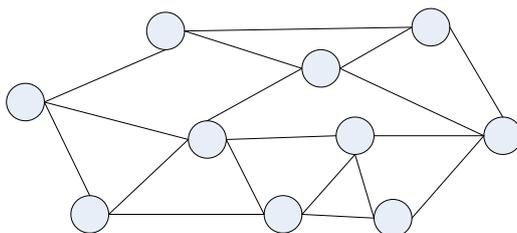


Рисунок 2. Модель МУМР.

Основной идеей, положенной в основу этой модели, является принцип автономности, согласно которому любой узел, входящий в ТС, является «хозяином» своих собственных локальных ресурсов и только он имеет право на транзакции при использовании. При таком подходе на каждом узле имеются полномочия по управлению локальным ресурсом. Модель МУМР является моделью ТС в ее средней части транспортной сети (рис.1) в её традиционном понимании.

2. Модель МРОУ много ресурсов – один узел (рис.3). Модель основана на предположении, что в системе имеется интегрирующий узел (ИУ), который объединяет ресурсы. В ТС это обычно завершение сложной или локальной сети (рис.1)

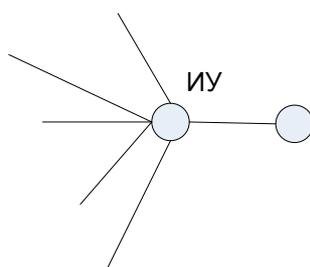


Рисунок 3. Модель МРОУ

3. Модель ОРМУ один ресурс – много узлов (рис.4). Модель основана на предположении, что в системе имеется распределительный узел, который распределяет ресурсы.

В ТС эта модель обычно открывает локальную сеть (рис.1). В динамической сети при обновлении информации о ситуации все узлы должны взаимодействовать с целью с целью принятия коллективного решения о предоставлении ресурса для маршрута и транзакций.

Чем масштабнее транспортная сеть, тем сильнее влияние внешних воздействий. Эти воздействия проявляются при транзакциях между двумя узлами. Для маршрута это сумма внешних воздействий.

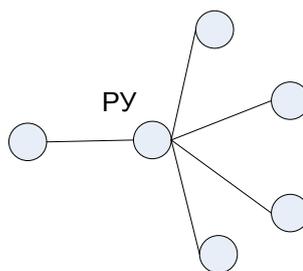


Рисунок 4. Модель ОРМУ

Внешние воздействия препятствуют выполнению транзакций, запланированных первоначально. Поэтому для реализации динамической задачи в глобальной сети должны быть ресурсы, которые компенсируют внешние воздействия мешающие достижению цели "точно в срок" (Just In Time).

Распределенное управление в ГТС включает несколько уровней управления. Общее управление транспортными потоками в сети с разрешением конфликтов между маршрутами. Управление маршрутом допускает его изменение и включает топологическую и динамическую задачи. Управление маршрутом и общее управление происходят в условиях ограниченности ресурсов. Ресурсом является пропускная способность дороги. Таким образом управление сводится к разделению ресурса и оптимальному использованию ресурса для решения задач управления маршрутами. Управление ресурсом приводит к задаче сохранения ресурса и его поддержки. Это означает решение задачи контроля состояния дороги и решение задачи назначения ремонта для участка дороги.

Алгоритмы разделения ресурсов для распределённого управления можно разбить на группы: алгоритмы с использованием рейтинга ситуации, алгоритмы с использованием сигнальной блокировки и алгоритмы с использованием привилегий, алгоритмы балансировки сети.

Транспортная сеть является Оверлейной сетью, то есть совокупностью сетей, для которой одни сети создаются поверх других (рис.5).

Основой оверлейной транспортной сети является физическая сеть железных дорог, для которой существуют физические узлы. Поверх этой сети лежит технологическая сеть, обеспечивающая транзакции между узлами сети.

Поверх технологической сети лежит информационная сеть, предназначенная для передачи информации от центра управления сетью на узлы и информации от узлов в центр управления. Поверх этой сети лежит координационная сеть, предназначенная для передачи информации о местоположении подвижных объектов в сети. Поверх этой сети лежит контролирующая сеть, предназначенная для оценки состояния пути и передачи информации о состоянии пути в центр управления. Поверх этой сети лежит управленческая сеть, предназначенная для управления сетью и перевозками в сети, а также для передачи распоряжений о состоянии пути.

Основное преимущество оверлейных сетей заключается в том, что они позволяют разрабатывать новые уровни сети и эксплуатировать распределённые сервисы без внесения каких-либо изменений в основные уровни сети. Недостатком оверлеев являются повышенные затраты на обмен информацией между уровнями оверлея.

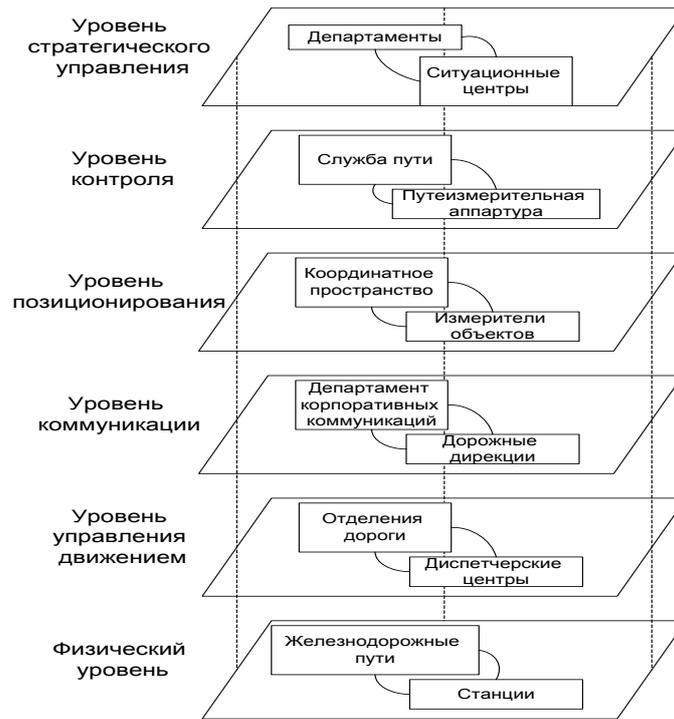


Рисунок 5. Оверлейная структура транспортной сети

**Технологии маршрутизации.**

Для транспортной сети необходимо различать топологическую модель или структуру сети и модель перевозок в этой же сети. Топологическая информационная модель сети (ТМС) представляет собой классический простой граф.

$$TMC = G (V, A) \quad (1)$$

Выражение (1) включает  $V$ — множество вершин и  $A$ —множество дуг. Топологическая модель перевозок сети (ТПС) представляет собой маркированный граф.

$$TPC = (V, A, s, t), \quad (2)$$

Выражение (2) содержит  $V$ — множество вершин и  $A$ —множество дуг и метки  $s$  и  $t$ , которые характеризуют допустимые маршруты перевозки грузов. Особую важность имеет эффективная маршрутизация перевозки грузов в условиях динамических отключений и отказов отдельных элементов сети. На автотранспорте это связано с пробками, на железнодорожном транспорте это связано с авариями и чрезвычайными ситуациями в районе железнодорожного пути. В связи с этим особое значение приобретают подходы по внедрению и поддержке решений быстрой смены маршрутов.

Анализ большой транспортной сети [2] требует значительных вычислительных ресурсов для анализа больших объемов трафика и большого числа узлов сети. При этом существует потребность оперативного управления потоком без его сохранения в базе данных. Так, при обработке больших потоков данных произошел переход от применения систем управления базами данных (СУБД) к системам управления потоками данных (СУПД). В системах

управления потоками данных используется модель анализа сети - «обработка без обязательного сохранения».

Существуют схемы маршрутизации транспортной сети, которые отличаются тем, как они осуществляют транзакции. По аналогии с коммуникационными сетями типы маршрутизации в транспортной сети могут быть следующими:

a. unicast - одноадресная транзакция, допускается физическая транзакция между двумя определенными узлами

b. broadcast - допускается коммуникационная транзакция (сообщение) всем узлам сети.

c. multicast - многоадресная транзакция допускается физическая транзакция между исходным узлом и группой узлов, которые выразили заинтересованность в получении транзакции.

d. anycast - допускается физическая транзакция любому из группы узлов, обычно ближайшему к источнику

e. geocast - допускается физическая транзакция не на конкретный узел, а в географическую область с узлами и с последующим перераспределением транзакций внутри области.

Одноадресная транзакция является доминирующей на главных путях, соединяющих станции или другие раздельные пункты

Существует опыт маршрутизации в коммуникационных системах по применению методики программно-конфигурируемых сетей (ПКС) [22] для изменения потоков и оптимизации потоков в сети. Главное преимущество этого подхода [23] состоит в возможности адаптивной перестройки маршрута или маршрутов для оптимизации потоков в сети. Перенос этого опыта на транспортные сети [24] обеспечивает гибкость управления материальными потоками за счет адаптации конфигурирования. Недостатком подхода является отсутствие наглядности методики конфигурирования. При таком подходе конфигурирование сети выполняет компьютер и человек получает только результат прокладки новых маршрутов.

Адаптивность маршрутизации транспортных потоков заключается в том [25], чтобы при заданной топологии сети (ТМС) изменять топологию перевозок в сети ТПС, в зависимости от складывающейся информационной ситуации [26]. Это достигается за счет учета параметров текущей информационной ситуации. Управление транспортными потоками происходит с помощью методов ПКС. Технология ПКС основана на программной перестройке сложной сети за счет заранее заданных правил.

В зависимости от внешних условий, что характерно для мегаполисов, пропускная способность сети динамически меняется. Для учета изменения ситуации в сети необходима динамическая рассылка информации о ситуации в сети между перевозчиком и администратором перевозок. При изменении внешних условий заданная маршрутизация перевозок становится неэффективной. Изменения характеристик сети могут приводить к полному пересчету оптимальных маршрутов перевозок. Такого рода математические проблемы решены в [23] и могут быть применены в транспортных сетях.

Один из простых алгоритмов нахождения оптимального пути в новой структуре сети предложил Эдгар Дейкстра (Edsger Dijkstra) в 1959 г. [27]. Алгоритм находит кратчайшие пути от одной из заданных вершин графа до всех остальных. Он работает для графов, не имеющих ребер с отрицательными весами. В общем случае этот метод основан на приписывании вершинам временных меток, причем метка вершины дает верхнюю границу длины пути от некоторой начальной вершины  $V_0$  к рассматриваемой вершине. Эти метки постепенно

уменьшаются с помощью итерационной процедуры. Каждый шаг итерации делает одну из временных меток постоянной. Такая метка уже не является верхней границей, а дает точную длину кратчайшего пути от начальной к рассматриваемой вершине.

### **Информационные поля в распределенном управлении транспортом.**

Поскольку транспортные потоки образованы перемещающимися в пространстве и времени материальными объектами, то для управления такими объектами используют специальные виды управления и поддерживающие информационные поля и информационные пространства [28]. Обязательным условием управления подвижными объектами является создание единого координатного пространства. Координатное пространство позволяет качественно и количественно оценивать положение объектов в транспортной сети [29]. Это пространство позволяет оценивать положение объектов относительно пунктов назначения и сравнительное положение объектов в сети. Координатное пространство выполняет аналитические и измерительные функции. Однако полем оно не является.

Иногда информационное пространство ошибочно отождествляют с информационным полем. В фундаментальных и прикладных науках поле и пространство – разные категории. В широком смысле информационное пространство - это оболочка, которая содержит другие вложенные информационные пространства или содержит информационные поля. В узком смысле информационное пространство - это измерительная среда, которую можно трактовать как «координатное информационное пространство». Примером такого пространства служит околоземное космическое пространство [30]. Это информационное пространство содержит несколько полей: магнитное поле Земли, электрическое поле Земли, гравитационное поле Земли, а также физические поля космического мусора, а также физические поля поясов радиации.

Информационное пространство в узком понимании близко понятию координатной системы и служит основой координации и описания объектов, процессов и явлений. Такое пространство используют для навигации подвижных объектов, пространственного управления, анализа пространственных объектов и явлений. Но перечисленные сущности не входят в состав информационного пространства.

Можно выбрать любую координатную систему: прямоугольную, сферическую, цилиндрическую для описания положения подвижного объекта в пространстве. Математический формализм описания координат объектов будет разным и разным будет описание уравнений движения. Но положение объекта в пространстве от описания не будет зависеть, если эти разные координатные системы имеют общую точку отсчета.

На перемещение и взаимодействие объектов в информационном пространстве формализм описания пространства никак не влияет. Аналогично изменение состава полей и объектов не влияет на информационное пространство.

Физическое и информационное поле характеризуются полевой переменной, которая по сути представляет собой функцию от пространственных координат. Термин "полевая переменная" введен в физической теории поля и закрепился как общепринятое понятие. Но по сути это функция, а не переменная. Примерами "полевой переменной" являются электрический или магнитный потенциал, которые формально описаны как функции координат.

Более специфическим примером "полевой переменной" являются пространственные координаты, которые вычисляют в навигационном поле ГНСС. Следует отметить наличие естественных полей, которые существуют в мире и искусственных полей [31], которые создает

человек. Навигационная спутниковая система создает искусственное информационное поле, измерения в котором дают возможность извлечения информации о точке, в которой находится спутниковый приемник по отношению к системе спутников. На этом примере можно показать различие между полевой переменной поля и переменной (в частном случае координатой) пространства. Координату как переменную измеряют непосредственно (геодезические измерения в системе координат), а координату как полевую переменную вычисляют (спутниковые измерения в навигационном поле)

Если информационное пространство синтезируют с технологиями управления, то это уже не информационное пространство, а более сложное пространство, название которого должно дополняться другим термином, например информационное управляющее пространство. При наличии в таком пространстве полевых переменных оно переходит в информационное поле и требует более точного определения "информационное управляющее поле". Эта сущность имеет внутреннее содержание, и кроме функций координации выполняет другие функции. Информационное пространство создает координационные условия управления и создания информационного поля, но эти понятия не равнозначны.

При распределенном управлении транспортом используют разные информационные поля: радиорелейное, поле радиосвязи, спутниковое информационное поле.

Радиорелейное поле основано на развитии радиорелейной связи. В теории связи применяют радиорелейные линии связи (РРЛ), которые решают задачи коммуникации в диапазонах дециметровых, сантиметровых и миллиметровых волн. Передача ведется через систему ретрансляторов, расположенных на расстоянии прямой видимости. Ретрансляторы осуществляют прием сигнала, усиление его, обработку и передачу на следующий ретранслятор. Общая протяженность РРЛ может достигать тысяч километров. Современная РРЛ использует цифровые методы связи.

Системы РРЛ строятся в настоящее время при организации магистральных систем связи. В 1993 г. введена в строй магистральная цифровая РРЛ Санкт-Петербург - Москва, а в 1997 г. - Москва - Хабаровск. Системы РРЛ задают радиорелейное информационное пространство.

Радиорелейное информационное поле обладает активностью, поскольку кроме передачи информации оно выполняет функции активного воздействия на подвижный объект, оценки состояния этого объекта и передачи активного управляющего воздействия на объект. Радиорелейное информационное поле выполняет функции оценки управляющего воздействия и выработки корректирующего воздействия.

Радиорелейное информационное поле может относиться к трем уровням оверлейно транспортной сети: коммуникационному, уровню управления движения (для ЦЖД и ТКФС), а также к физическому уровню, поскольку радиорелейные мачты являются физическими объектами и образуют сеть, соответствующую физической сети железной дороги.

Информационное поле радиосвязи использует принципы радиосвязи, который заключаются в передаче информации посредством радиоволн, не только в зоне прямой видимости, но и на большие расстояния. Частным видом такого поля является радиолокационное информационное поле, которое позволяет отслеживать движущийся объект, управлять им или принимать меры по его ликвидации с помощью другого управляемого объекта.

Преимуществом радиорелейного информационного поля является высокая точность, и поэтому оно используется в технологиях цифровой железной дороги. Радиоволны как средство измерения имеют точность, которая зависит от длины волны. Чем короче длина волны, тем

точнее определяется положение транспортного средства. По этой причине самыми точными являются измерения при помощи лазеров.

### **Технологии активации объекта в транспортной сети.**

Технологии активации транспортного средства при движении по транспортной сети стали возможны при решении двух задач. Первая задача связана со встраиванием внутрь транспортного средства информационно-управляющей системы. Такая система может быть автоматизированной (автопилот, круиз-контроль) или интеллектуальной. Эта задача технически технологическая. Вторая задача связана с большей передачей функций управления непосредственно в транспортный комплекс. Эта задача организационно - управленческая.

В области железнодорожного транспорта активные транспортные средства реализованы в виде цифровой железной дороги и транспортных кибер-физических систем. Если сравнивать технологии цифровой железной дороги (ЦЖД) и технологии транспортных кибер-физических систем (ТКФС), то технологии ЦЖД являются более простыми. Аналогичное различие имеет место при управлении транспортом при помощи автоматизированных систем и управлением при помощи робототехнических систем.

Предшественником ТКФС является технология интернет вещей [5]. Она широко применяет сети и активную коммуникацию. Появление данной технологии привело к появлению кибер-физических систем и, в дальнейшем, к появлению транспортных кибер-физических систем [6].

В транспортной кибер-физической системе (TCPS- ТКФС) дискретные вычислительные компоненты позволяют контролировать и управлять физическими устройствами в режиме реального времени. Здесь имеет место аналогия с ЦЖД. Различие в интеллектуальности ЦЖД это нормативная система, хотя и имеет систему правил, ТКФС - распределенная интеллектуальная система. ТКФС обладают системой правил и системой модификации правил. ТКФС при возникновении нештатной ситуации обладают возможностью применять собственные локальные вычислительных системы без обращения в центр управления.

ЦЖД выполняет в первую очередь функции сравнительного анализа впереди идущего средства через радиорелейное информационное поле с контролем через спутниковое информационное поле. ЦЖД выполняет функции управления транспортными средствами за счет их автономной и самостоятельной аналитической системы при учете движения ближайших средств транспорта.

ТКФС выполняет функции комплексного анализа в пространстве и может управлять не только отдельными транспортными средствами как в ЦЖД, но и системой транспортных средств, например системой космических роботов или системой воздушного транспорта.

ЦЖД имеет ограничение, поскольку движение ограничено в рамках пространственной модели железнодорожного пути. ТКФС могут управлять движением в свободном пространстве без привязки к железной дороге или автодороге.

Распределенные системы характеризуются наличием узлов или блоков. Ярким примером служат коммуникационные сети или коммуникационные системы. Как показывает анализ, распределенные транспортные системы не являются полным аналогом коммуникационных систем. Основная функция коммуникационных систем не управление, а сетевой обмен.

Основная причина перехода к распределенным системам и к распределенному управлению – гетерогенность. Гетерогенность может иметь три вида: физический, технологический, информационный. Физическая гетерогенность обусловлена различными физическими элементами сети. В транспортной сети гетерогенность имеет место при наличии блоков и

станций. Технологическая гетерогенность возникает при использовании разных технологий требующих существенно разных данных, разных форматов данных. Информационная гетерогенность возникает при отсутствии информационного соответствия при передаче информации между узлами сети или при информационном взаимодействии.

Гетерогенность требует обеспечения равного (унифицированного) доступа к семантически разнородным узлам сети. Унификация доступа требует систематизации и интеграции технологий управления и обмена. Интеграция технологий управления должна обеспечиваться на техническом уровне и на семантическом уровне. В случае интеллектуального управления интеграция должна обеспечиваться на семиотическом уровне. Должно обеспечиваться полное информационное соответствие [32] в технологической системе управления. Для распределенного управления важным является структурное и семантическое информационное соответствие.

Существуют две проблемы, связанные с гетерогенностью систем, сетей и технологий — структурная неоднородность и семантическая неоднородность [31]. Структурная неоднородность имеет место, когда узлы распределенной системы используют различные структурные модели для хранения информационного взаимодействия или воздействия. В этом случае констатируют структурное информационное несоответствие. Семантическая неоднородность означает нарушение семантической содержательности при информационном взаимодействии или обмене информацией между разными узлами системы.

Распределенное управление характеризуется структурой, технологией и применяемыми моделями (рис.6). Структура распределенного управления меняется от иерархической к сетевой - наиболее сложной.

Технологии распределенного управления включают элементы цифровых, информационных и когнитивных технологий. В соответствии с технологиями распределенного управления применяют модели управления.

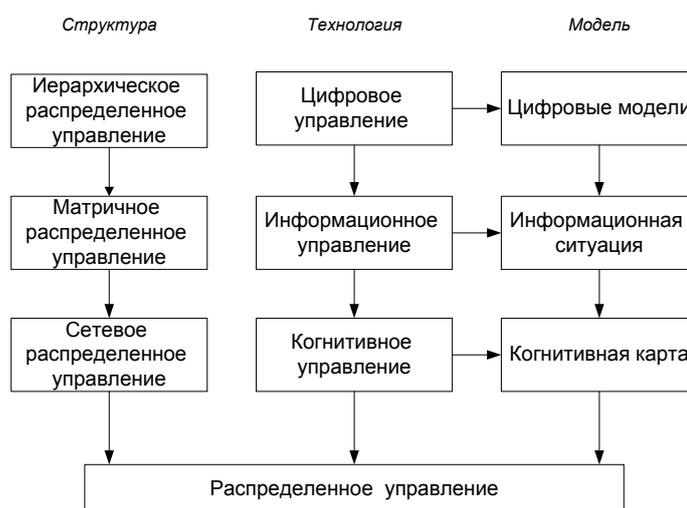


Рисунок 6. Компоненты распределенного управления.

Распределенное иерархическое управление отличается от обычного иерархического управления гетерогенностью и включением дополнительных центров управления. Эта схема приведена на рис.7.

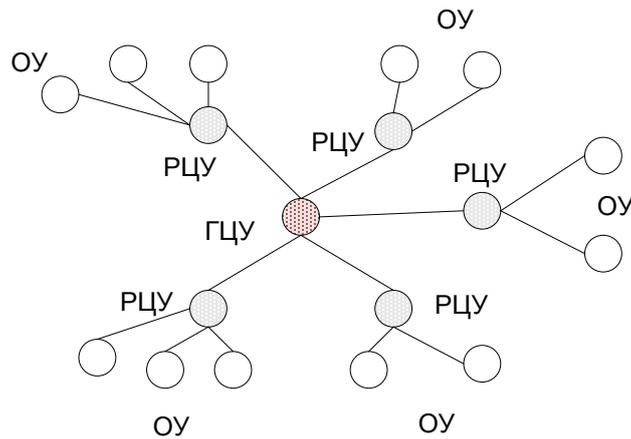


Рисунок 7. Схема иерархического распределенного управления.

Ядром системы является главный центр управления (ГЦУ). Между объектами управления (ОУ) и главным центром управления находятся распределенные центры управления (РЦУ), которые снижают информационную нагрузку на главный центр управления и повышают оперативность управления и действий.

Более сложной распределенной структурой управления является структура транспортной кибер-физической системы [6].

#### **Заключение.**

В настоящее время для оперативного, гибкого и эффективного управления потоками в транспортной сети широко внедряются системы автоматизированного управления на локальном и глобальном уровнях. При большом объеме информации и сложности операций в транспортной сети проблема редукции сети и снижения нагрузки на управляющий аппарат приобретет особое значение. Увеличение параметров транспортных сетей усложняет задачи их контроля и управления. Одним из методов повышения эффективности управления большими транспортными сетями является распределенное управление. Обязательным условием распределенного управления в транспортной сети является организация глобальной транспортной сети в виде оверлейной сети. Это дает возможность распараллеливать действия и транзакции внутри сети и сокращать время на принятие решений и управление.

Распределенное управление в транспортной сети опирается на современные информационные технологии и математические методы, которые имеют большой набор средств для решения такого рода задач. Поэтому существует проблема интеграции имеющихся разработок в других областях и перенос их в область транспорта. В частности, распределенные технологии управления на транспорте используют пространственную информацию, что делает обязательным применение методов геоинформатики для управления на транспорте. Таким образом, распределенное управление на транспорте можно рассматривать как закономерный результат эволюции технологий управления

#### **Список литературы**

1. Кулибанов Ю. М. и др. Транспортные сети России (системный анализ, управление, перспективы). – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций", 1999.- 147с.

2. Холодов Я. А. и др. Моделирование транспортных потоков - актуальные проблемы и

перспективы их решения // ТРУДЫ МФТИ. – 2010. – Т. 2. – №. 4. – С. 152

3. Егунов М. М., Шувалов В. П. Анализ структурной надёжности транспортной сети // Вестник СибГУТИ. – 2012. – №. 1. – С. 54-60.

4. Розенберг И.Н. О единой транспортной политике // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.22-26.

5. Дешко И.П., Кряженков К.Г., Цветков В.Я. Устройства, модели и архитектуры Интернета вещей: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 88 с. ISBN978-5-317-05579-0.

6. Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Транспортные кибер-физические системы // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 3(3). – с.3-15.

7. Розенберг Е.Н. Цифровая железная дорога - ближайшее будущее // Автоматика, связь, информатика. -2016. – 10.- с4-7.

8. Zhang D. Y. et al. Research on the safeguard system for digital railway train operation // Zhongguo Tiedao Kexue. – 2006. – V. 27. – №. 6. – p.91-94.

9. Цветков В.Я. Применение принципа субсидиарности в информационной экономике // Финансовый бизнес. -2012. - №6. – с.40-43.

10. Логинова А.С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки.- 2015. - № 3. - с. 297-301.

11. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Критерии выбора субсидиарного управления // Государственный советник. – 2017. - №1. – с.10-15.

12. Фирсов А. Н. Оптимизация на основе статистических данных асинхронной распределенной системы, устойчивой к произвольным отказам // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30 марта–3 апреля 2009 г.). – Челябинск: Изд. ЮУрГУ. – 2009. – С. 765-771.

13. Э. Таненбаум, М. ванСтеен.. Распределенные системы. Принципы и парадигмы — СПб.: Питер, 2003. — 877с.

14. Цветков В.Я. Базы данных. Эксплуатация информационных систем с распределенными базами данных Учебное пособие. - М.: МИИГАиК, 2009 - 88с.

15. Шокин Ю. И. и др. Распределенная информационно-аналитическая система для поиска, обработки и анализа пространственных данных // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12. – №. S3.

16. Швецов А. Н., Яковлев С. А. Распределенные интеллектуальные информационные системы. - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003.

17. Ириков В. А., Тренев В. Н. Распределенные системы принятия решений. – М.: Наука, 1999.

18. Замышляев А.М. Автоматизация процессов комплексного управления техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорта / дис. к.т.н. спец: 05.22.06: – М.МГУПС, 2013. Москва. – 147 с.

19. Sugimori Y. et al. Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system // The International Journal of Production Research. – 1977. – Т. 15. – №. 6. – С. 553-564.

20. V.Ya. Tsvetkov. Incremental Solution of the Second Kind Problem on the Example of Living System, Biosciences biotechnology research Asia, November 2014. Vol. 11(Spl. Edn.), p. 177-180/

21. V. Ya. Tsvetkov. Structural Analysis Based on Living Systems Algorithms // Biogeosystem Technique, 2016, Vol.(7), Is. 1, pp. 87-95. DOI: 10.13187/bgt.2016.7.87 [www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com).

22. Корячко В.П., Перепелкин Д.А. Анализ и проектирование маршрутов передачи данных в корпоративных сетях. – М.: Горячая линия –Телеком, 2012 – 236с.
23. Перепелкин Д.А. Математическое и программное обеспечение адаптивной маршрутизации и балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях с обеспечением качества сетевых сервисов./ Дис. д.т.н. специальность: 05.13.11 – Рязань, РГРУ - 2018 -443с
24. Дышленко С. Г. Ситуационный анализ в транспортной сети // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.26-33
25. Цыганов В. В., Бородин В. А., Савушкин С. А. Адаптивное управление транспортной компанией на основе клиентоориентированности //ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2017. – №. 3 (3). - с.3-10.
26. Tsvetkov V. Ya. Dichotomic Assessment of Information Situations and Information Superiority // European researcher. SeriesA. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp.1901-1909
27. Dijkstra E.W. A note on two problems in connexion with graphs // Numerischemathematik. – 1959. – V. 1. – № 1. – p. 269-271.
28. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №1-3. – с.455-456.
29. Розенберг И.Н. Цветков В.Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009 - 67с.
30. I.V. Barmin, V.P. Kulagin, V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov. Near\_Earth Space as an Object of Global Monitoring // Solar System Research, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 531–535. DOI: 10.1134/S003809461407003X
31. Цветков В. Я. Естественное и искусственное информационное поле// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2014. - №5-.2. – с.178 -180
32. Розенберг И.Н. Топосемантическое информационное соответствие в пространственном моделировании // Науки о Земле. – 2017. - № 3. - с.64-73.

УДК: 681.3.06

## **РЕКОНФИГУРИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕЦЕДЕНТНОГО АНАЛИЗА ОБРАЗОВ**

- Беляков С.Л.** д.т.н., профессор кафедры информационно-аналитических систем безопасности Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета,  
E-mail: sbelyakov@sfnedu.ru, Таганрог, Россия
- Белякова М.Л.** к.т.н., доцент кафедры информационно-измерительных технологий и систем Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета,  
E-mail: mbelyakova@sfnedu.ru, Таганрог, Россия
- Залилов Э.Ф.** Аспирант Института компьютерных технологий и информационной безопасности ЮФУ, E-mail: ezalilov@sfnedu.ru, Таганрог, Россия
- Аннотация.** Рассматривается задача управления транспортировкой грузов в механической транспортной системе. Рассматривается путь решения проблемы, основанный на образном представлении опыта реконfigurирования. Описывается модель образного представления знаний и рассуждения на их основе. Анализируется преимущество модели представления прецедентов реконfigurирования образами. Приводится пример образного представления ситуаций, отражающих комплекс знаний о входном потоке, степени загруженности подсети, прогнозе поведения реконfigurированной сети. Анализируются границы применения предложенного метода.
- Ключевые слова:** механическая транспортная система, реконfigurирование, интеллектуальная система, анализ образов прецедентов

## **RECONFIGURATION OF MECHANICAL TRANSPORT SYSTEMS WITH CASE BASED ANALYSIS OF IMAGES**

- Belyakov S.L.** Professor of the Department of Information and Analytical Security Systems of the Institute of computer technology and information security of the Southern Federal University,  
E-mail: sbelyakov@sfnedu.ru, Taganrog, Russia
- Belyakova M.L.** Ph.D., associate Professor, Department of Information and Measuring Technologies and Systems, Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrument Engineering, Southern Federal University,  
E-mail: mbelyakova@sfnedu.ru, Taganrog, Russia
- Zalilov E.F.** Post-graduate Student of the Institute of Computer Technology and Information Security of the Southern Federal University,  
E-mail: ezalilov@sfnedu.ru, Taganrog, Russia
- Annotation.** Discusses the task of managing the transportation of goods in the mechanical transport system. The way of solving the problem based on the figurative representation of the reconfiguration experience is considered. The model of

figurative representation of knowledge and reasoning on their basis is described. The advantage of the model of representation of reconfiguration precedents by images is analyzed. An example of imaginative representation of situations reflecting the complex knowledge of the input stream, the degree of congestion of the subnet, the forecast behavior of the reconfigured network. The limits of application of the proposed method are analyzed.

**Keywords:** transport, management, distributed systems, distributed control, transport network, routing

### **Введение**

Транспортировка определенных видов грузов осуществляется системами, в которых роль транспортного средства играет набор конвейеров. Транспортируемый объект размещается на конвейере и снабжается электронной меткой, содержащей информацию о пункте назначения и параметрах качества транспортировки. Конвейеры связаны между собой переключателями направления движения груза. Перемещение груза из пункта отправки в пункт назначения заключается в прохождении последовательности конвейеров и переключателей направления, обеспечивающих требуемое качество обслуживания. Эти устройства образуют механическую транспортную систему (МТС). Примером подобного типа систем являются системы приема и выдачи багажа в аэропортах.

МТС представляют собой достаточно сложные объекты. Число их компонентов может достигать нескольких сотен. Это порождает многовариантность транспортировки: каждая единица груза может достигать пункт назначения, перенаправляясь на разные конвейеры. Выбор конкретного варианта зависит от состояния системы.

Требуемое качество транспортировки в МТС обеспечивается структурной или параметрической адаптацией к внешним воздействиям на систему. Средством параметрической адаптации является изменение поведения компонентов МТС. Например, варьирование маршрутных таблиц в переключателях направления изменяет потоки в сети и, как следствие, стоимость и время транспортировки. Параметрическая адаптация реализуется программно - контроллерами управляющей сети МТС. Структурная адаптация основана на изменении связей и элементов оборудования. Примером может быть подключение новой ветки конвейеров либо дополнительных двигателей на отдельных конвейерах, что изменяет пропускную способность МТС. Структурная адаптация (реконфигурация) реализуется коммутацией оборудования МТС. Очевидно, что структурная адаптация требует большего времени и ресурсов, однако в случае аварий и отказов ее применение не имеет альтернативы.

В оптимизации затрат на транспортировку посредством МТС важную роль играет выбор варианта реконфигурирования в предаварийных состояниях какой-либо подсети. Детерминированные стратегии программного или аппаратного реконфигурирования, как показывает практика, по мере усложнения МТС дают все меньший эффект. Причина в неоднозначности и неопределенности факторов влияния внешней среды на состояние и динамику МТС. Возможным путем решения этой проблемы может стать использование опыта реконфигурирования, которым обладают эксперты. В данной работе представлен метод, позволяющий выбрать наиболее эффективный вариант реконфигурирования путем использования знаний. Знания представляются специфической концептуальной моделью образа ситуации реконфигурирования.

### Известные методы управления реконфигурированием

Реконфигурирование МТС входит в общую задачу минимизации затрат на передачу партии груза, которая ставится следующим образом:

$$\begin{cases} E_T(t) + E_R(f) \rightarrow \min, \\ t < t^*, \\ f \subseteq F, \end{cases} \quad (1)$$

где  $E_T(t)$  - средние затраты на транспортировку партии груза, которые определяются временем транспортировки  $t$ ,  $t^*$  - ограничение на время транспортировки.

Функция  $E_R(f)$  - средний ущерб от аварийных ситуаций, требующих реконфигурирования,  $F$  - множество известных дефектов, приводящих к возникновению аварий,  $f$  является подмножеством дефектов, имевших место при транспортировке партии груза. Задача (1) отражает особенность транспортировки с помощью МТС: ограничение на время определяют некоторый режим работы системы, в который она переводится структурным или параметрическим реконфигурированием. Работа в любом выбранном режиме сопровождается появлением дефектов, из-за которых должно выполняться реконфигурирование оборудования. Возникающий при этом ущерб может быть уменьшен за счет выявления предаварийного состояния и выбора такого варианта реконфигурирования, который позволит эффективно продолжить работу в новых условиях.

Анализ пропускной способности сетей [1] позволяет прогнозировать возможности наступления аварии в случае приближения интенсивности входного потока к максимальной пропускной способности сети. Использовать это на практике затруднительно потому, что реальная пропускная способность отдельных подсетей изменяется во времени. Это возникает из-за падения мощности сети питающего напряжения, истощения ресурса исполнительных механизмов, изменения геометрии конвейеров, габаритов и массы транспортируемого груза, и т.д. Поэтому формальной оценки баланса интенсивности входного потока и пропускной способности явно недостаточно для исключения угрозы перегрузки МТС.

Теоретические исследования методов реконфигурирования проводятся в течение длительного времени [2]. Предметом исследований являются как механизмы реконфигурирования, так и стратегии принятия решений о выборе наилучшего варианта реконфигурирования. Важную роль в последнем случае приобретают исследования новых высокоуровневых концептуальных моделей представления знаний о реконфигурировании [2-5].

Применение интеллектуальных методов управления реконфигурированием представляет особый интерес из-за трудности обнаружения предаварийной ситуации [6]. Идентифицировать предаварийную ситуацию возможно лишь по критическим значениям параметров, определенных на практике [7]. При наличии представительных обучающих выборок эффективным оказывается применение для классификации ситуаций нейронных сетей [8]. Однако, в задаче реконфигурирования МТС такой подход не приносит ожидаемого результата из-за большой роли логических умозаключений эксперта.

Необходимость в представлении сложных логически организованных знаний приводит к исследованию моделей образного мышления эксперта [9]. В работах [10,11] был предложен

метод образного описания знаний и принципа логического вывода. Как показывает анализ, применение предложенного метода требует анализа особенностей МТС.

Традиционно основным методом параметрической адаптации МТС считается маршрутизация. Изменение обобщенной стоимости транспортировки по отдельным сегментам сетей дает возможность изменять их пропускную способность. Однако, данный механизм не позволяет идентифицировать предаварийные состояния, которые возможны при наблюдаемых значениях интенсивности входных потоков. Применение защитного снижения интенсивности потока [12] может оказаться менее эффективным по сравнению с реконfigurацией оборудования МТС.

### **Метод интеллектуального управления реконfigurированием**

В основе предлагаемого метода лежат следующие принципы:

Выполненный на практике прецедент реконfigurирования анализируется экспертом, что приводит к появлению в его сознании образа. Образ интегрально связывает состояние МТС и внешней среды с применявшимися на практике процедурами реконfigurации и оценками эффективности работы системы после реконfigurации. Существование таких ментальных образов в сознании эксперта не вызывает сомнения [13]. Отличительной особенностью образа является то, что он отображает не единичную ситуацию, а множество близких по смыслу к наблюдаемой.

База знаний интеллектуальной системы реконfigurирования (ИСР) заполняется описаниями образов. Логика дальнейшего использования образов базируется на двух операциях – сопоставления пары образов и отображения образа в заданную область. Первая операция позволяет оценить смысловую близость двух образов. Вторая – смоделировать известный прецедент в произвольно заданных условиях функционирования МТС. Результатом применения любой операции является вывод о смысловой эквивалентности образов.

В процессе функционирования МТС средства контроля фиксируют критические значения параметров состояния системы. Если имеет место аномальная ситуация, ИСР выделяет соответствующую подсеть и оценивает перспективу повторного применения реализованных ранее вариантов реконfigurации. Это возможно двумя способами:

- диалоговым, предполагающим построение пользователем образа наблюдаемой ситуации и сопоставлении его с известными ИСР. Решение о применении того или иного варианта реконfigurирования принимается в случае смысловой близости образов;

- автоматическим, основанном на переносе известных вариантов реконfigurирования на выделенную подсеть и оценке смысловой целостности результата. Если смысловая целостность сохранена, то принимается решение об использовании соответствующего варианта реконfigurирования.

Если не найден вариант реконfigurирования, ИСР фиксирует недостаток знаний для наблюдаемой ситуации и необходимость машинного обучения путем добавления новых образов.

### **Модель образа**

Образ ситуации, которую наблюдал и проанализировал эксперт, описывается как

$$J = \langle c, H(c) \rangle, H(c) \subseteq c^2,$$

где  $c = \langle n, m, v_{in}, v_{out}, V, r, g \rangle$  - центр образа, соответствующий прецеденту с реально зафиксированными значениями наблюдаемых параметров ситуации. Для МТС такими параметрами являются:

- $n \subset N$  подсеть МТС, в которой имел место прецедент реконфигурирования;
- число единиц груза  $m$  в подсети  $n$ ;
- интенсивности входящего ( $v_{in}$ ) и исходящего ( $v_{out}$ ) потоков для подсети  $n$ ;
- лингвистическая оценка скорости ( $V$ ) поступления груза на вход сети  $N$ ;
- использованный вариант реконфигурирования  $r \in R$  из множества допустимых вариантов  $R$ ;
- лингвистическая оценка работы  $g$  сети  $N$  после реконфигурирования.

Второй компонент образа  $H(c)$  является набором допустимых преобразований центра ситуации, не изменяющий ее смысл. Введение допустимых преобразований повышает качество экспертного знания. Сохранение смысла ситуаций при их сравнении – единственный способ обеспечить достоверность решений. В  $H(c)$  содержится аналитический опыт эксперта, отражающий его глубинные знания о реконфигурировании МТС. Подчеркнем, что преобразования не эквивалентны точности описания ситуации, поскольку представляют множество одинаковых в смысловом отношении прецедентов, к которым применимо проверенное практикой решение. Точность описания границ допустимых преобразований является независимым элементом образа, поэтому более общей следует считать нечеткую модель образа

$$\tilde{J} = \langle \mu_H \langle c, H(c) \rangle \rangle,$$

$$c \in H(c), H(c) \subseteq c^2, \mu_H : H(c) \rightarrow [0,1].$$

Здесь  $\mu_H$  - степень уверенности эксперта в том, что допустимое преобразование  $H(c)$  отражает смысл ситуации.

В качестве примера рассмотрим четко описанный образ реконфигурирования МТС после обнаружения предаварийной ситуации в одной из подсетей. На рис. 1 показана схема подсети,

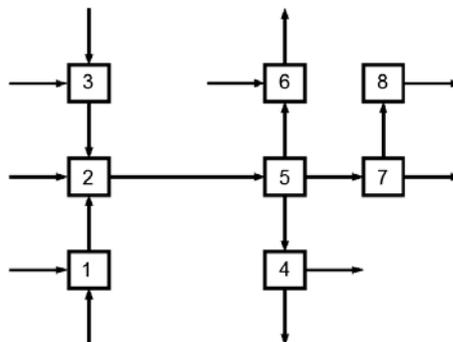


Рисунок. 1 Схема подсети, требующей реконфигурирования

параметры произошедшего прецедента имеют значения  $m = 100, v_{in} = 4, v_{out} = 4, V = \text{"Will be the same"}$ , вариант реконфигурирования  $r$  отображен на рис. 2 пунктирными линиями подключаемых конвейеров,  $g = \text{"improved"}$ . Реконфигурированный переключатель обозначен символом R. Пример допустимого преобразования подсети показан на рис. 3. Пунктирными линиями обозначены конвейеры и переключатели, наличие которых принципиально не меняет ситуацию.

Отметим, что операция сопоставления образов ставит своей целью оценку их близости не так, как это принято в прецедентном анализе (CBR) [14]. Вместо метрики близости здесь предлагается использовать топологию взаимного расположения центров и областей

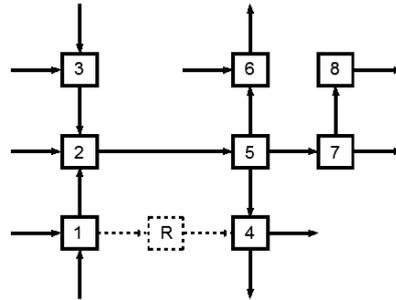


Рисунок 2 Схема реконфигурированной подсети

преобразований. Варианты взаимного расположения разбиваются на классы, отражающие предпочтения в принятии решений. Например, на Рис. 4 показан класс «наиболее близких образов», куда могут быть отнесены пары образов, имеющие общие фрагменты областей допустимых преобразований и хотя бы один прецедент в этой области. Решающая функция для класса имеет вид

$$F = c_1 \in H(c_1) \cap H(c_2) \vee c_2 \in H(c_1) \cap H(c_2).$$

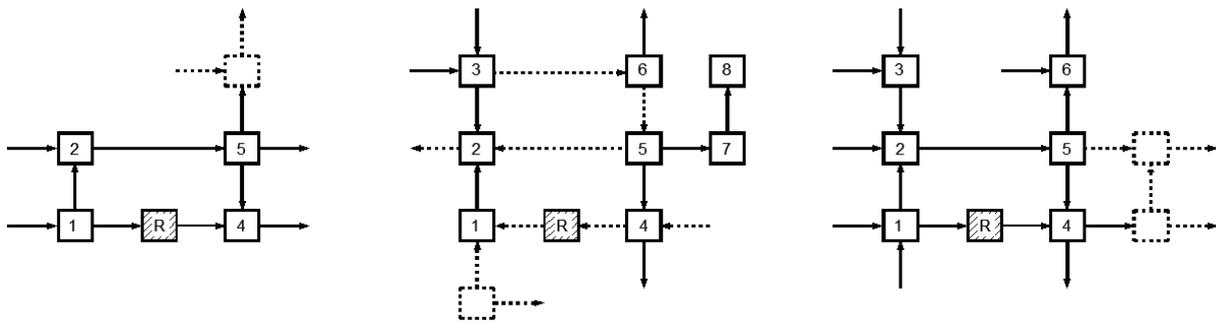


Рисунок 3. Допустимые преобразования подсети

Содержательно указанное взаимное расположение означает, что образы обладают общим смыслом, причем смысл подтвержден практикой. Число классов может быть увеличено в случае применения более сложных процедур принятия решений.

### Трансформирование образов

Перенос опыта реконфигурирования на ситуацию, для которой не найден близкий образ, заключается в том, чтобы воспроизвести известный образ в заданной области пространства образов.

Назовем операцию отображения образа в заданную область трансформированием. Формально трансформирование описывается как

$$\langle \bar{c}, H(\bar{c}) \rangle = F_{TR}(\langle c, H(c) \rangle),$$

где  $F_{TR}$  - оператор трансформирования,  $\bar{c}$  - центр трансформированного образа,  $H(\bar{c})$  - его допустимые преобразования. Условием существования трансформированного образа является

$$h_i(\bar{c}) \neq \emptyset, i = 1, |H(\bar{c})|.$$

Возможность выполнения операции трансформирования определяется топологией пространства образов, т.е. соотношениями и правилами сохранения непрерывности

отображения в пространстве образов. Правила задают инвариант трансформирования. Топология пространства образов ( $A$ ) формально представляется как

$$A = \bigcup_i A_i, A_i \cap A_j \neq \emptyset,$$

$$\forall c \in A: H(c) \subseteq A_i.$$

С содержательной точки зрения новый (трансформированный) образ  $J_{TR}$  должен сохранять интуитивно понимаемый экспертом смысл, заложенный в исходный образ в виде преобразований. Центр трансформированного образа  $\bar{c}$  представляет реальную ситуацию, ранее построенное решение которой может использоваться повторно.

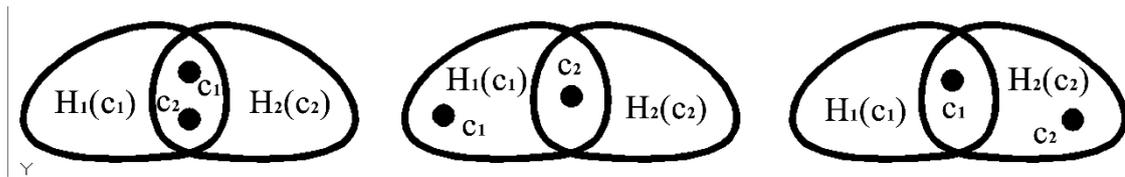


Рисунок 4 Класс «наиболее близких» образов

Примером применения трансформирования может быть следующий. В некоторой подсети МТС задача реконфигурирования ранее решалась в условиях загруженного расписания прибытия партий груза. Возникшая перегрузка одного из конвейеров в соответствии с рекомендациями по эксплуатации требовала его полной остановки на время реконфигурирования. В возникшей ситуации это могло привести к серьезным потерям из-за блокировки смежного конвейера. Чтобы сократить потери, было принято решение использовать передвижной транспортер. Часть грузопотока была перенаправлена, что позволило выполнить ремонт, не останавливая конвейер полностью. Подключение передвижного транспортера к МТС стало возможным благодаря наличию подъездного пути к отказавшему конвейеру. Применить подобное решение повторно можно не всегда, поскольку оно имеет смысл в условиях интенсивного входного грузопотока с высокой стоимостью потенциального ущерба и обязательным наличием подъездного пути для передвижного транспортера. Пытаясь применить это решение для другой подсети, необходимо убедиться в сохранении сути описанной выше ситуации. Эту возможность дает операция трансформирования.

#### Оператор трансформирования для МТС

Определить оператор  $F_{TR}$  универсальным образом невозможно из-за различия топологий пространств образов. Для каждого компонента центра образа ситуации реконфигурирования МТС  $c = \langle n, m, v_{in}, v_{out}, T, r, g \rangle$  должны быть заданы параметры, определяющие представление эксперта о компоненте, и инварианты преобразования значений параметров. В качестве примера рассмотрим некоторые из них.

Представление о компоненте подсети  $n \subset N$ , как показывает анализ, характеризуется ее пространственным расположением. На конфигурирование сильное влияние оказывает взаимное расположение таких объектов как регулируемые блоки и элементы МТС, порты приема и выдачи груза внешним системам, источников энергоснабжения, технических проездов и проходов, систем аварийной защиты. Инвариантом преобразования следует считать пространственные отношения близости, примыкания и включения [15]. Например, опыт реконфигурирования подсети, расположенной вплотную к стойкам приема багажа пассажиров

не может быть перенесен на любые другие подсети в глубине зданий аэропорта.

Представление о компоненте числа единиц груза  $m$  формируется его граничными значениями, графиком прибытия и отправки транспортов с грузом, типом груза и пунктами назначения. Инвариантом преобразования должно быть нахождение в диапазоне граничных значений, характерных для текущего расписания, а также соблюдение перечня типов груза и пунктов назначения. Например, опыт реконфигурирования в условиях значительно загруженной сети и жесткого временного графика прибытия и отправления транспорта нет смысла переносить на слабо загруженную сеть при том же графике и одинаковой номенклатуре груза. Описание инвариантов для переноса каждого компонента может рассматриваться как набор правил трансформирования. Правило принимает истинное значение, если трансформированный компонент сохраняет инвариантные значения параметров.

### **Обсуждение результатов**

Преимущество предлагаемого метода проявляется в повышении достоверности принимаемых решений о конфигурировании МТС. Сравнивая операцию трансформирования с оценением расстояний между прецедентами в прецедентном анализе [14], следует отметить следующее:

- CBR базируется на предположении о том, что близкие (по принятой метрике) ситуации допускают близкие решения. Это правдоподобно, но предполагает, что метрика учитывает смысловую эквивалентность ситуаций. Анализ показывает [14], что метрики не учитывают смысл, вкладываемый экспертами в описание прецедентов. Соответственно, велика вероятность того, что метрически близкий прецедент окажется на практике бессмысленным;

- образ включает в себя прецедент как элемент области, содержащей неединичное множество достоверных ситуаций. Близость образов оценивается не близостью соответствующих прецедентов, а наличием подмножества одних и тех же достоверно возможных ситуаций. По этой причине в результате сопоставления образов возрастает вероятность выбрать правдоподобное и достоверное решение.

### **Заключение**

Интеллектуальное управление реконфигурированием МТС дает наибольший эффект в сложных сетях. Необходимым условием является наличие опыт эксплуатации подобных сетей. В этом случае принятие решений о конфигурировании базируется на переносе опыта.

Достоверность принимаемых решений определяется топологией пространства образов. Обоснованно и бесспорно заданная топология гарантирует сохранение смысла переносимого опыта и его экспериментальное подтверждение. Соответственно, повторное использование решений имеет достоверность, не превосходящую достоверности описания топологии пространства образов.

Эффективность работы любой интеллектуальной системы зависит от качества заложенных в нее знаний, а знания накапливаются по мере увеличения объема опыта реконфигурирования. Поэтому дальнейшие исследования целесообразно продолжить в направлении изучения механизмов образного представления знаний о реконфигурировании МТС.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-01-00060.

### **Список литературы**

1. Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L., Stein, C.: Introduction to Algorithms, 3rd edn. 1312 p. MIT Press, Cambridge (2009)

2. Youjie Ma ; Feng Liu ; Xuesong Zhou ; Zhiqiang Gao Overview on algorithms of distribution network reconfiguration Control Conference (CCC), 2017 36th Chinese
3. Farshid Shariatzadeh ; Nikhil Kumar ; Anurag K. Srivastava Optimal Control Algorithms for Reconfiguration of Shipboard Microgrid Distribution System Using Intelligent Techniques in: IEEE Transactions on Industry Applications ( Volume: 53, Issue: 1, Jan.-Feb. 2017 )
4. Ishan Srivastava ; S. S. Bhat Soft Computing Techniques Applied to Distribution Network Reconfiguration: A Survey of the State-of-the-Art 2016 8th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)
5. R.W. Brennan , P. Vrba, P. Tichy, A. Zoit, C. Su`nde, T. Strasser, V. Marik Developments in dynamic and intelligent reconfiguration of industrial automation
6. Özdamar, L.,Ekinci, E., Küçükyazici, B. Emergency logistics planning in natural disasters Annals of Operations Research Volume 129, Issue 1-4, July 2004, Pages 217-245
7. A. Azab, H. ElMaraghy , P. Nyhuis , J. Pachow-Frauenhofer , M. Schmidt Mechanics of change: A framework to reconfigure manufacturing systems CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 6 (2013) 110–119
8. Ishan Srivastava ; S. S. Bhat Soft Computing Techniques Applied to Distribution Network Reconfiguration: A Survey of the State-of-the-Art in: Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2016 8th International Conference
9. Kuznetsov O.P. Kognitivnaya semantika i iskusstvennyy intellekt.// Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy, 2012, №4, s.32-42.
10. S.Belyakov, A. Bozhenyuk, and I. Rozenberg “The intuitive cartographic representation in decision-making,” World Scientific Proceeding Series on Computer Engineering and Information Science, vol.10, p.p. 13-18, 2016.
11. Belyakov, S., Belyakova, M., Savelyeva, M., Rozenberg, I.: The Synthesis of Reliable Solutions of the Logistics Problems Using Geographic Information Systems. In: 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), p.p. 371-375. IEEE Press, New York (2016)
12. Protective Correction of the Flow in Mechanical Transport System наша публикация
13. Raphael Kaplan, Nicolas W.Schuck, Christian F.Doeller The Role of Mental Maps in Decision-Making Trends in Neuriscience Volume 40, Issue 5, May 2017, Pages 256-259
14. Mario Lenz, Brigitte Bartsch-Spörl, Hans-Dieter Burkhard. Case-Based Reasoning Technology: From Foundations to Applications. — Springer, 2003.
15. P. A. Longley, M. Goodchild, D. J. Maguire and D. W. Rhind *Geographic Information Systems and Sciences*, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2011.

УДК: 625. 3

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

**Майоров А. А.** д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),  
E-mail: maiorov@miigaik.ru, Москва, Россия

**Аннотация.** Статья раскрывает область применения информационно-измерительных систем на транспорте. Описаны современные тенденции модернизации единиц измерения. Раскрыта стратегия обеспечения единства измерений в транспортной сфере. Показано значение мониторинга для измерительных процессов, выделена необходимость информационного обеспечения при проведении измерений на транспорте. Раскрывается эволюция информационно-измерительных систем, дается краткая систематика информационно-измерительных систем.

**Ключевые слова:** транспорт, измерения, система единиц, пространственная информация, измерительные системы, информационное обеспечение

## INFORMATION MEASURING TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

**Maiorov A.A.** D.ofSci (Tech.), Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAIK), E-mail: maiorov@miigaik.ru,  
Moscow, Russia

**Annotation.** The article discloses the content of information and measuring systems in transport. Paper describes modern trends in the modernization of units of measurement. Paper describes a strategy for ensuring the uniformity of measurements in the transport sector. The value of monitoring for measuring processes is shown. Paper describes the need for information support when carrying out measurements on transport. The evolution of information-measuring systems is disclosed. The article gives a brief systematics of information-measuring systems.

**Keywords:** transport, measurements, system of units, spatial information, measuring systems, information support

### Введение

Безопасность и надежность транспортных средств является одним из главных показателей развития современного общества. Вместе с повышением требований к транспортным средствам возрастают требования к контролю условий их эксплуатации и требования к поддерживающим стандартам. Причем в этой области используют стандарты двух категорий: стандарты эксплуатации транспортных средств и стандарты измерений характеристик эксплуатационных характеристик транспортных средств.

Все виды транспортных средств должны соответствовать стандартам, составляющим основу национального и международного управления транспортом. Около 30 различных рекомендаций

международного бюро законодательной метрологии (МБЗМ) [1] относятся к различным видам транспортирования и обеспечивают стандарты для оборудования, используемого на различных этапах транспортной цепочки. Ряд этих рекомендаций предназначены для решения проблем транспорта.

R50 – автоматизированные суммирующие приборы непрерывного действия – ленточные весы.

R59- влагометры для зерновых и масляничных культур, перевозимых разными видами транспорта.

R80 – автомобильные и железнодорожные цистерны с измерением уровня

R99 – приборы для измерения выбросов.

R106 – автоматические железнодорожные платформенные весы.

R126 – анализаторы выдыхаемого воздуха.

R134 – автоматические приборы для взвешивания транспортных средств в движении и измерения нагрузки на ось.

Таким образом значение метрологии и информационно- измерительных технологий и средств является важной, неотъемлемой частью эксплуатации транспорта.

Актуальность направления была подчеркнута на второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте» 2016г [2]. На конференции были представлены результаты исследований, посвященных современному состоянию и перспективам развития приборов и методов контроля на транспорте, в различных отраслях промышленности и энергетики. Был проанализирован и обсужден широкий спектр приборов неразрушающего и аналитического контроля, обеспечивающих высокую надежность при эксплуатации, обслуживании и ремонте подвижного состава. Большое внимание уделено современным системам учета и контроля в энергетике и электротехнических комплексах, включая методики повышения эффективности использования различных видов топливно-энергетических ресурсов. На конференции обсуждались вопросы приборного и методического обеспечения контроля окружающей среды, а так же вопросы метрологии, стандартизации и сертификации. Широта обсуждаемых вопросов отражает широту проблем, методов и технологий измерения на транспорте.

### **Меры измерения.**

При измерении используют меры, которые образованы национальными стандартами и международными единицами измерения, представляющими международные стандарты. В современных условиях широкого применения при измерениях информационных технологий, большую роль играют стандарты и в этой области, которые имеют свои особенности [3].

Международная система единиц (СИ) была создана французскими учёными и широко внедрена после Великой французской революции. Два первых метрических эталона - длины (метр) и массы (килограмм) были изготовлены в 1799 году. До введения метрической системы мер единицы измерения выбирались в разных странах независимо друг от друга (ярд, фут, дюйм, аршин), что требовало пересчёта одних единицы в другие при международных измерениях и работах. В разных местах применялись разные единицы, но с одинаковыми названиями.

Метрическая система должна была стать единой системой стандартных мер и весов. СИ была принята на XI Генеральной конференции мер и весов в 1960 г. Она включала 6 основных

единиц: метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина и кандела. В 1971 году XIV ГКМВ внесла изменения в СИ и добавила к основным единицам единицу количества вещества (моль). В эту систему мер включены ряд производных единиц, правила их образования через основные единицы, обозначения единиц и их дольных и кратных величин.

С развитием науки и технологий возростали требования к точности измерения, особенно длины, времени, частоты. Точность измерения стала превосходить точность самого эталона единицы времени или длины, В 1967 году определение секунды стало основываться на частоте излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия 133, вместо длительности тропического года. В 1983 году было предложено зафиксировать точное значение скорости света в вакууме. И на этой основе была переопределена единица длины - метр, как расстояние проходимое светом за  $1/299792458$  секунды.

В ближайшем будущем готовится реформа Международной системы единиц [4], которая опирается на предложение определить четыре основные единицы СИ (килограмм, моль, ампер, кельвин) путем фиксации точных значений некоторых фундаментальных физических констант (ФФК). В этом подходе использован принцип переопределения метра [5-7] в 1983 г., когда как эталон было зафиксировано значение скорости света.

Основной причиной к изменению существующих определений этих мер является временная нестабильность Международного прототипа килограмма (МЛК) на уровне  $5 \times 10^{-10}$  кг в год [8]. Использование точных значений ФФК имеет принципиальное значение в метрологии, поэтому такое предложение было поддержано многими метрологическими организациями, [4]. Препятствием к предложенному введению новых определений четырех единиц СИ оказалась недостаточная точность экспериментальных значений соответствующих ФФК [9].

Фундаментальные физические константы в физических теориях характеризуют свойства устойчивости и сохранения различных видов масштабов для характеристик материальных объектов, процессом и взаимодействиями. Эти константы остаются неизменными при разных обстоятельствах, по крайней мере, в пределах достижимых и определенный момент период времени. Значения ФФК или их комбинаций являются естественными масштабами для используемых единиц измерений. В ходе развития науки и уточнения картины мира частные физические теории заменяют более общими, со своими наборами констант и появляются новые связи между различными константами. Это дает основание обсуждать выбор определений единиц измерения на основе значений ФФК, соответствующих состоянию науки.

В настоящее время в качестве базовых теорий, применяемых для обоснования мер измерения, выступают Стандартная модель сильных и электрослабых взаимодействий (СМ) и Общая теория относительности Эйнштейна (ОТО), которые согласуются с большинством имеющихся экспериментальных измерительных данных. В космологии, с ее быстро растущим объемом данных и их теоретическим осмыслением, важную роль играет Стандартная космологическая модель (пространственно-плоская модель Фридмана с космологическом постоянной и холодной темной материей) и ее многочисленные модификации и обобщения. Каждая на этих теорий содержит свои наборы констант. Развитие физики поможет объединить эти наборы в единый набор ФФК.

Первое предложение о переопределении массы появилось в работе [10], а окончательный набор вариантов определений четырех основных единиц СИ сформулирован в работе [5]. Для переопределения килограмма, ампера, кельвина и моля было предложено фиксировать с

нулевой неопределенностью значения констант  $h$  (постоянная Планка),  $e$  (элементарный электрический заряд),  $k$  (постоянная Больцмана) и  $N_A$  (постоянная Авогадро). Этот набор ФФК рассматривается в настоящее время а качестве наиболее удобного перехода к новым определениям четырех единиц.

Согласно 9-й редакции брошюры СИ [4] новые определения единиц СИ могут быть записаны с помощью определяющих констант непосредственно, либо с помощью произведений или отношений определяющих констант. Термин «определяющая константа» используется IV последней редакции брошюры СИ для фиксируемых физических констант при переопределении единиц. В частности, были предложены модифицированные определения килограмма, ампера, Кельвина и моля на основе фиксированных значений констант  $h$ ,  $e$ ,  $k$ ,  $N_A$ . Эти единицы могут быть приведены в форме, которая получила название: определение единицы измерения с использованием точного значения определяющей константы. Эти новые определения звучат следующим образом.

*Килограмм* - это единица массы СИ при которой значение постоянной Планка  $h$  равно  $6.626070040 \times 10^{-34}$  Дж с.

*Моль* - это единица количества вещества СИ, при которой значение постоянной Авогадро  $N_A$  равно  $6.022140857 \times 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

*Ампер* - это единица силы тока СИ, при которой значение элементарного заряда  $e$  равно  $1.6021766208 \times 10^{-19}$  и Кул.

*Кельвин* - это единица термодинамической температуры СИ, при которой значение постоянной Больцмана  $k$  равно  $1.38064852 \times 10^{-23}$  Дж К<sup>-1</sup>.

Таким образом, национальные и отраслевые стандарты должны переопределяться с учетом новых определений.

### **Стратегия обеспечения единства измерений**

19 апреля 2017 г, распоряжением Правительства Российской Федерации № 737-р утверждена Стратегия обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 г. Точность и многообразие измерений задают уровень развития науки и технологий, включая науку и технологии на транспорте. Для решения задач междисциплинарного обмена знаниями и межотраслевого обмена информацией необходимо развитие и поддержка системы обеспечения единства измерений. развивалась опережающими темпами. В основу Стратегии обеспечения единства измерений заложена концепция, которая рассматривает национальную систему обеспечения единства измерений (ОЕИ) [11, 12], как одну из важных частей государственной инфраструктуры, необходимый для производства промышленной продукции, развития транспорта и товарообмена, реализации государственного развития и обеспечения безопасности государства. Целью стратегии является создание такой системы обеспечения единства измерений, которая способна оперативно отвечать на вызовы времени и соответствовать уровню лидеров среди промышленно развитых стран. Достижение поставленной цели возможно при наличии отечественных импортонезависимых технологий и современной измерительной базы, полностью обеспечивающей единство всех измерений в сфере госрегулирования.

Развитие системы ОЕИ в заданном направлении обеспечивает решение общеэкономических задач, таких как создание сети территориально-производственных кластеров, развитие транспортной системы, формированию национальной инновационной системы, укреплению международных позиций и интеграции, дальнейшей гармонизация законодательства и

правоприменительной практики на пространстве ЕАЭС.

Одной из важных составляющих ОЕИ является метрологическое обеспечение. Метрологическое обеспечение в холдинге ОАО «РЖД» играет важную роль. Оно представляет систему организационных, правовых, методических, технических мер, направленную на обеспечение лиц, принимающих решения на всех уровнях управления, объективной, своевременной и достоверной информацией, полученной на основании результатов измерений, испытаний, контроля, проводимых в ОАО «РЖД», его филиалах и дочерних предприятиях [13]. Единство измерений составляет основу метрологической деятельности в холдинге ОАО «РЖД». Метрологическая служба холдинга ОАО «РЖД» выполняет следующие работы:

- своевременно вносит изменения в нормативные документы для приведения их в соответствие с новыми требованиями в области обеспечения единства измерений (ОЕИ);
- готовит предложения по изменению организационной структуры подразделений ОАО «РЖД», поддерживающих реализацию новых нормативных документов в области ОЕИ;
- участвует в работе Федерального информационного фонда в области обеспечения единства измерений.

Решение данных задач требует широкого применения информационно-измерительных технологий и средств, включая измерение пространственной информации [14]. К числу основных направлений работ в этой области и реализации единой технической политики холдинга ОАО «РЖД» относятся:

- Разработка новых методов и технологий средств измерений, испытаний, контроля – включая разработку и применение новых информационных технологий и новых информационных моделей;
- Разработка новых методик выполнения измерений;
- Модернизация деятельности метрологической службы холдинга ОАО «РЖД»;
- Подготовка кадров, участвующих в метрологической деятельности и поддержке технических средств измерений.

Особенностью метрологических работ холдинга ОАО «РЖД» является необходимость работ вспомогательных служб, которые не являются метрологическими, но выполняют функции поддержки метрологической деятельности. Наиболее ярким примером является геодезическое обеспечение [14-18] транспортного строительства и эксплуатации. Функции поддержки измерений и сбора информации выполняют методы геоинформатики [19-22], которые также используют для поддержки управления транспортными системами. Большое значение имеет применение спутниковых технологий [23] как средства измерения управления и обеспечения единства измерений. Можно говорить об информационном измерительном поле [24-27], которое функционирует на основе спутниковых технологий и создает условия среды единства измерений.

Вопросам метрологии в ОАО «РЖД» уделяется большое внимание. Именно метрология и метрологическое обеспечение решают задачи обеспечения не только единства, но и достоверности измерений в процессе эксплуатации и ремонта подвижного состава и других технических средств. В 2005 г. была образована единая метрологическая служба, численность которой в настоящее время составляет 3 602 человека [28].

Метрологическая служба ОАО «РЖД» включает в настоящее время 2 313 163 средств измерений и 12 758 единиц испытательного оборудования. В ОАО «РЖД» применяют виды измерений, но преобладают электро- и радиотехнические, теплотехнические,

геометрические.

В ОАО «РЖД» применяют уникальные средства измерений: вагонные весы, вагоны-путеизмерители и вагоны-дефектоскопы, локомотивные приборы безопасности, измерители параметров контактной сети, мобильные измерительные комплексы автоматики, радиорелейные средства связи, измерительные системы по учету энергоресурсов, системы спутниковых технологий ГЛОНАСС и многое другое

### **Информационная поддержка измерений в транспортной сфере.**

Метрологическая деятельность на транспорте требует геодезической поддержки и геодезического обеспечения [14-18, 23]. Наряду с чисто геодезическим обеспечением существует и геоинформационное обеспечение метрологической деятельности [19]. В свою очередь, современные геодезические и геоинформационные технологии широко применяют методы цифрового моделирования [17, 29, 30], методы мониторинга [31, 32] и методы геомониторинга [33, 34]. Это влечет необходимость применения этих методов при проведении информационно-измерительных работ на транспорте. Поэтому информационная поддержка измерений в транспортной сфере включает применение цифровых методов, геоинформационных технологий и методов пространственного моделирования [35].

### **Мониторинг транспорта как средство поддержки измерений и управления.**

Следует отметить разнообразие методов пространственного мониторинга, многие из которых применяются на транспорте.

Мониторинг атмосферы - система наблюдения и контроля за содержанием радиоактивных, опасных химических и биологических веществ в атмосфере. Мониторинг базовый (фоновый) - слежение за общебиосферными явлениями без наложения на них региональных антропогенных влияний

Мониторинг биологический - экологический мониторинг, основанный на наблюдении за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды.

Мониторинг воздействия на окружающую среду - многоцелевая информационная система, в задачи которой входит наблюдение, оценка и прогноз источников воздействия на окружающую среду.

Мониторинг гидросферы - система наблюдения и контроля за качеством воды, загрязнения ее радиоактивными, опасными химическими и биологическими веществами [36].

Мониторинг импактный - мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий на окружающую среду в особо опасных зонах и местах.

Мониторинг лесов - в РФ - система наблюдений, оценки и прогноза состояния и динамики лесного фонда в целях государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда, а также воспроизводства лесов.

Мониторинг окружающей природной среды - система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени за состоянием окружающей природной среды и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных и опасных для здоровья людей и других живых организмов.

Мониторинг земель - в РФ - система наблюдения за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, предупреждения и устранения последствий негативных процессов. Мониторинг земель является составной частью мониторинга за состоянием окружающей природной среды.

Эти виды мониторинга являются косвенными индикаторами оценки воздействия транспорта

на окружающую среду.

Мониторинг глобальный - слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере Земли и ее экосфере, включая все их экологические компоненты и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях

Мониторинг дистанционный - авиационный или космический мониторинг, а также мониторинг за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли, показания которых передаются в центры наблюдения с помощью методов дальней передачи информации: по радио, проводам, через спутники и т.п.

Мониторинг космический - мониторинг с помощью космических средств наблюдений. Космический мониторинг позволяет оперативно выявлять очаги и характер изменений окружающей среды, проследить интенсивность процессов и амплитуды экологических сдвигов, изучать взаимодействие техногенных систем

Эти виды мониторинга применяют непосредственно для наблюдения за объектами транспорта и транспортной инфраструктуры.

Наземные виды мониторинга используют для наблюдения и контроля транспортных объектов. Они могут быть интегрированы с космическим мониторингом и образовывать комплексную систему мониторинга. Поэтому его целесообразно рассмотреть как дополнение к технологиям космического мониторинга.

В наземном мониторинге необходимо различать геодезический мониторинг и геоинформационный мониторинг. Геодезический мониторинг – это мониторинг, который осуществляют с помощью геодезических средств измерений, используют геодезические технологии и окончательный результат получают в рамках методик обработки геодезической информации. Геодезический мониторинг использует геодезические данные.

Геоинформационный мониторинг распространяется на более широкий класс задач, чем геодезический. Например, мониторинг городских территорий, мониторинг пожароопасных зон, мониторинг чрезвычайных ситуаций, мониторинг подвижных объектов, экологический мониторинг, мониторинг земель, мониторинг транспортных объектов и др. Геоинформационный мониторинг может включать геодезический мониторинг как составную часть. Это происходит тогда, когда окончательный результат формируется вне геодезических технологий, например в ГИС, и имеет картографическую форму представления.

Различие между геоинформационным и геодезическим мониторингом существует на уровне исходных данных. Геодезический мониторинг использует геодезические данные, геоинформационный мониторинг использует геоданные, которые включают фотограмметрические данные, картографические данные, данные дистанционного зондирования. Геоданные в отличие от геодезических данных являются системным ресурсом, так как интегрируют разные данные в единую систему. Геодезические данные могут входить в геоданные.

Мониторинг оползневых склонов может быть геодезическим или геоинформационным. Во втором случае он использует цифровые модели и даже методы искусственного интеллекта для обработки данных, обеспечивает получение информации о характере и активности оползневых процессов, происходящих в оползнеопасных зонах [37].

Базовым понятием геоинформационного мониторинга является информационная модель ситуации [38]. Именно она, на основе специальных информационных моделей, позволяет оценить состояние объекта мониторинга, его информационную позицию и его информационное

преимущество и т.д. Таким образом, современный геомониторинг – это интегрированный комплекс технологий, позволяющих решать широкий круг задач. Перспективным направлением развития геомониторинга следует считать применение методов искусственного интеллекта.

При мониторинге транспорта выделяют факторы или ключевые показатели: вид мониторинга, объект мониторинга, цель мониторинга, поле мониторинга, система мониторинга, методы мониторинга, технология мониторинга, модель объекта мониторинга. При мониторинге используют разные информационные модели: информационную конструкцию (обобщенная модель объектов и процессов), информационную модель ситуации; модель информационного взаимодействия; информационные единицы (процессов, представления, хранения и передачи информации). Тип мониторинга определяется не только технологией, но целью или объектом мониторинга.

Концепция информационного поля [24-26] позволяет рассматривать любой мониторинг как инструмент извлечения информации из информационного поля, которое может быть разным и определяется масштабом мониторинга. Информационный аспект исследования приводит к необходимости изучения (мониторинга) информационно определенных объектов. Концепция информационного поля позволяет рассматривать характеристики поля как атрибутивные характеристики окружающего мира. В соответствии с теорией поля, поле должно иметь главную характеристику "полевую переменную" [26]. В информационном поле полевая переменная представляет собой информационный параметр поля либо аргумент, либо индикатор. Это весьма важно для мониторинга так как определяет вид мониторинга либо как функциональный и непрерывный либо индикационный.

#### **Информационно-измерительные системы.**

Создание основ применения информационно-измерительных систем на транспорте требует расширения круга задач и теоретических вопросов, подлежащих изучению и интеграции в разделах информационной техники. В частности, автоматизация и информатизация научных исследований и производственных процессов привели к появлению новых требований к средствам измерения [19]. Новые требования обусловлены необходимостью получения и использования результатов не только отдельных измерений, но и потоков измерительной информации. Информационные потоки могут характеризоваться большими объемами и сложностью первичной информации, что исключает их непосредственный анализ человеком. Это приводит к необходимости решения задач оперативной предобработки и сжатия информации большого объема как дополнительной технологии к измерительным технологиям.

Таким образом, перед измерительной техникой существует проблема не только выполнения измерений, но и снижения информационной нагрузки на человека. Необходимость сбора интенсивных потоков измерительной информации привела к появлению *потоковых* измерительных систем (ПИЗС), предназначенных для автоматического сбора измерительной информации большого объема.

Современные измерительные процессы направлены на получение количественной и качественной информации об объекте транспорта или инфраструктуры. Элементы группы или выборки измерений различаются количественными признаками, но сама группа имеет качественные признаки, отличающие ее от других групп. Например, использование приборов с разной точностью измерений создает группы разноточных измерений. Кроме того, возникла необходимость в процессе сбора осуществлять предобработку. Решение этой проблемы привело к появлению нового класса средств измерения — *обрабатывающих измерительных*

систем (ОИЗС), предназначенных не только для автоматического сбора, но и для обработки измерительной информации.

Современный процесс измерения требует управления и контроля. Для получения необходимой информации. Это привело к необходимости применения в процессах измерения кроме ИзС также систем автоматического контроля (САК), систем технической диагностики (СТД), систем распознавания (РС) и др. Все эти системы интегрируются в некие новые измерительные комплексы.

Интегрированная совокупность различных систем, применяемых в современных процессах измерения, включая транспорт, получила специальное название — информационно-измерительных систем (ИИС). Это понятие включает системы, предназначенные для автоматического получения качественной и количественной информации непосредственно от изучаемого объекта путем процедур измерения и контроля, обработки этой информации и выдачи ее в виде, удобном для анализа и обработки. ИИС применяются в различных сферах человеческой деятельности, реализуют разнообразные аналитические методы, выполняют непрерывные или циклические измерения, имеют разный уровень автоматизации.

С информационно-измерительными системами тесно связаны измерительные информационные технологии. Измерительные информационные технологии являются развитием информационных технологий. Они реализуют специфические функции:

- получение первичной информации в результате взаимодействия сенсоров с объектом измерений;
- преобразование первичной информации с обеспечением необходимой точности измерений;
- преобразование сигналов измерительной информации в общепринятые единицы измерения;
- выполнение оценки остаточной неопределенности значений измеряемых величин.

Современные измерительные информационные технологии приобретают дополнительные свойства благодаря использованию аппаратных и программных средств искусственного интеллекта.

Развитие науки и техники характеризуется двумя дополняющимися аспектами или тенденциями: интеграцией и дифференциацией. Интеграция направлена на объединение различных устройств и технологий. Она позволяет осуществлять междисциплинарный перенос и использование опыта, накопленного в одной предметной области для других предметных областей. Интеграция позволяет создавать универсальные системы и средства, применяемые в различных областях.

Примерами таких универсальных систем могут служить геоинформационные системы (ГИС), которые применяют в разных областях для решения различных задач (изыскания, строительство, картографирование, проектирование, управление, экология и пр.).

Дифференциация направлена на специализацию устройств и технологий применительно к специальным видам исходной информации или технологий. Она существенно зависит от предметной области, в которой осуществляют измерения. Дифференциация позволяет учитывать особенности предметной области, особенности измерений в данной предметной области. Она приводит к созданию специализированных измерительных систем и технологий. Примерами таких специализированных средств могут служить спутниковые навигационные системы и технологии системы. Этот подход позволяет различать понятия измерительной

системы (ИзС) и информационно-измерительной системы (ИИС). В первом случае можно говорить о специализации, во втором об интеграции.

Развитие ИИС целесообразно рассматривать в двух аспектах: структурном и функциональном. Первый отражает интегрирование различных подсистем, широкое использование средств вычислительной техники, что приводит к возникновению систем с гибкой структурой. Второй аспект характеризует резкое возрастание числа функций, выполняемых системой. При этом центр тяжести переносится с измерительных функций на другие информационные функции, связанные с использованием результатов измерений. Таким образом, в ИИС измерение во все большей степени становится неразрывно связанным с другими функциями (логической обработки, анализа результатов измерений и др.) и его выделение не всегда возможно. Существует ряд определений ИИС. Учитывая приведенные выше особенности ИИС можно дать два следующих определения ИзС и ИИС в аспекте главной функции.

*Измерительная система (ИзС)* – специализированная система измерений, в которой главной функцией является получение измерений искомой величины.

*Измерительная информационная система (ИИС)* – система измерений, в которой главной функцией является получение измерений и представление их в информационно определенной форме. Чаще всего такая форма это дескриптивная информация модель [30].

В ИзС, по сравнению с ИИС, преобладают функции измерения, а функции обработки и хранения измерительной информации незначительны или отсутствуют совсем. Отсюда можно выделить общие теоретические основы ИИС и специальные теоретические основы ИИС. Можно выделить общие признаки и свойства ИИС, безотносительно к предметной области.

Измерительные информационные системы имеют *вход и выход*. На вход поступает первичная информация, а на их выходе должна получаться качественная и количественная информация об объекте измерений; удобная для анализа, обработки и исследований. Информация, получаемая на выходе ИИС, используется для принятия каких-либо решений, однако использование информации обычно не входит в функции ИИС.

В ИИС *интегрируются технические средства*, начиная от датчиков и кончая устройствами выдачи информации, а также все программы, как необходимые для управления работой собственно системы, так и позволяющие решать в ИИС измерительные и вычислительные задачи, а также управлять конкретным экспериментом.

В ГОСТ 8.437-81 дается следующее определение: ИИС— «совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств для получения измерительной информации, ее преобразования, обработки в целях представления потребителю (в том числе ввода в АСУ) в требуемом виде либо автоматического осуществления логических функций контроля, диагностики, идентификации». Это определение создано в аспекте агрегации ИИС.

Можно констатировать, что в аспекте интеграции ИИС — обобщающее понятие. Под ним подразумевается класс средств ИИТ, объединяющий системы измерений, контроля процессов измерения и получения информации, технической диагностики и распознавания. В аспекте интеграции можно дать следующее определение ИИС.

*Информационно-измерительная система* - система, предназначенная для измерения с помощью функционально объединенных измерительных приборов, измерительных преобразователей, компьютеров и других технических средств, размещенных в разных точках

контролируемого пространства.

ИИС предназначена для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и/или использования. В зависимости от назначения (в аспекте дифференциации) ИИС подразделяются на: измерительные информационные, измерительные контролируемые, измерительные управляющие и др. ИИС осуществляют формирование и представление результатов измерений в виде документов заданного образца, программных продуктов, световой и (или) звуковой сигнализации.

Информационно-измерительная система может быть рассмотрена как совокупность измерительных, передающих, вычислительных компонентов, функционирующая как единое целое и предназначенная для:

- измерения количественных параметров объектов;
- регистрации и индикации результатов измерений;
- получения информации о состоянии объекта;
- обработки результатов измерений;
- преобразования результатов измерений в выходные сигналы.

Развитие информационно измерительных систем и информационно-измерительной техники (ИИТ) тесно связано с развитием автоматизированных систем научных исследований (АСНИ).

*Автоматизированная система научных исследований* - система, предназначенная для автоматизации измерений, автоматизации научных экспериментов, для моделирования исследуемых объектов, явлений и процессов. В сфере транспорта АСНИ реализуются как стендовые измерительные системы.

Нередко в рамках АСНИ решаются задачи, присущие другим разновидностям автоматизированных систем: АСУ ТП, САПР, ГИС и др. В любом случае, основной задачей АСНИ является получение новых знаний об исследуемом процессе, объекте или явлении. В АСНИ применяют с разной целью информационно-измерительные системы.

В аспекте связи АСНИ и ИИС выделяют три класса: измерительные ИИС; измерительно-обрабатывающие ИИС, адаптивные ИИС. Различие обусловлено основными функциями ИИС.

*Измерительные ИИС* в качестве основной функции выполняют только получение измерительной информации, вследствие чего их также называют измерительными системами. Системы данного класса разделены на две главные группы – ИИС одного и нескольких видов измерений.

*Измерительно-обрабатывающие ИИС* в качестве основной функции осуществляют получение и обработку измерительной информации по неизменному алгоритму. Данный класс систем разделен на две главные группы – системы с однородной и комплексной обработкой информации. Системы с однородной обработкой информации предназначены для обработки качественно неизменяемых измеряемых параметров или однородных информационных потоков. Системы с комплексной обработкой информации предназначены для обработки качественно разных измеряемых параметров или разнородных информационных потоков, которые интегрируются в единый выходной информационный поток.

*Адаптивные ИИС* характеризуются наличием перестраиваемых функций измерения и получения измерительной информации, включая изменение ее объема и изменение качественной структуры результатов измерений.

Основные концепции измерительных информационных систем — были сформулированы в начале 60-х годов. В основу концепции ИИС и АСНИ была положена системная организация

совместной автоматической работы средств получения, обработки и передачи количественной информации. Тогда были созданы ИИС, которые можно отнести к первому поколению таких систем.

Системы *первого поколения* характеризуются централизованным циклическим получением измерительной информации и обработкой ее в основном с помощью входящих в состав ИИС специализированных вычислительных устройств, использованием в качестве элементной базы дискретной полупроводниковой техники. Дальнейшая обработка информации при необходимости в большинстве случаев производилась вне ИИС, в универсальных компьютерах, занятых обслуживанием и других источников информации. Однако сложные ИИС в то время имели в своем составе компьютеров, выполняющие только задачи, стоящие перед этими системами.

Измерительные информационные системы *второго поколения* (70-е годы) характеризуются адресным сбором измерительной информации, обработкой информации с помощью компьютеров, входящих в состав систем, и в меньшей степени с помощью специализированных вычислительных устройств, использованием в качестве элементной базы микроэлектронных схем малой и средней степени интеграции.

Широкое введение компьютеров в состав ИИС стало возможным после организации промышленного выпуска управляющих вычислительных машин и комплексов, а также миникомпьютеров с достаточными вычислительными и логическими возможностями, гибким программным управлением, приемлемыми габаритами, потребляемой энергией и стоимостью.

Новые качества при изготовлении и эксплуатации ИИС были получены за счет стандартных цифровых интерфейсов и промышленных функциональных блоков на основе реализации важной информационной характеристики – информационное соответствие [31].

Применение в ИИС компьютеров и цифровых систем привело к необходимости разработки специальных алгоритмов. Для цифровых интегрированных ИИС был организован промышленный выпуск цифрового ядра, в которое входят цифровые измерительные и вычислительные средства и стандартные устройства ввода и вывода цифровой информации.

*Третье поколение ИИС* включает более широкое применение системных измерительных преобразователей, позволяющих подробно воспринимать информационные поля исследуемых величин. Эти ИИС существенно уменьшают потоки информации, сокращают общее время обработки, повышают надежность работы измерительных систем. В них интегрируются средства аппаратной реализации и перестраиваемые структуры.

*Четвертое поколение ИИС* основано на применении микроэлектроники и нанотехники и нанотехнологий. В нем широко осуществляется многофункциональная обработка аналоговой и цифровой информации. основу передачи информации и обработки составляют цифровые системы каналов и данные. они обеспечивают более высокую надежность помехозащищенность. Они допускают новые подходы к измерениям и обработке информации, невозможные в ИИС предыдущих поколений.

### **Заключение**

Процесс измерения возник как необходимый этап развития человеческого общества. Он обусловил необходимость создания и развития устройств и методов измерений, которые являются одним из важнейших средств познания человеком окружающего мира. Развитие науки и производства стимулирует развитие информационно-измерительной техники. В современном мире научные исследования, управленческие и производственные процессы не

могут обойтись без измерений и получения измерительной информации. Развитие науки и техники характеризуется увеличением количества видов измеряемых величин, ростом объема измерительной информации, увеличением критериев качества измеряемой информации. Все это требует необходимости совершенствования средств измерений.

В области измерений на транспорте существуют локальные и глобальные измерения. Локальные измерения применяют для проверки узлов и частей технических средств. Глобальные измерения осуществляют в процессе эксплуатации транспортного средства. Глобальные измерения часто связаны с необходимостью сбора и учета пространственной информации или геоданных.

Локальные измерения транспортных средств осуществляют метрологическими технологиями на стендах и в лабораторных условиях. Для этих измерений широко применяют информационно-измерительные системы с целью сжатия информации и повышения качества измерений.

Глобальные измерения осуществляют на протяжении эксплуатации и перемещения транспортных средств в реальном пространстве. Глобальные измерения требуют различной поддержки: информационной, геодезической, геоинформационной, спутниковой, радиотехнической, мобильной. Поэтому глобальные измерения требуют применения не только информационно-измерительных систем, но других технологий: геодезических, геоинформационных, информационных цифровых и пр. Это обуславливает применение интегрированного подхода к проведению глобальных измерений на транспорте.

Таким образом, современный информационно-измерительный процесс на транспорте использует концепции информационного поля и геоданные как интегрированные данные, включающие пространственную и специальную измерительную информацию.

### Список литературы

1. Стивен Патерей. Измерения для транспорта // Законодательная и прикладная метрология. – 2017. - №2. – с.4
2. Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте: Материалы второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. - Омск, 2016.- 368 с.
3. Цветков В.Я. Особенности развития информационных стандартов в области новых информационных технологий // Информационные технологии. – 1998. - №8. – с.2-7.
4. Draft 9<sup>th</sup> edition of the Si Brochure [dated 10 November 2016] <http://www.bipm.org/en/measurement-units/rev-si/#communication/>
5. Mills I. M. et al. Redefinition of the kilogram, ampere, kelvin and mole: a proposed approach to implementing CIPM recommendation 1 (CI-2005) //Metrologia. – 2006. – Т. 43. – №. 3. – С. 227.
6. Gläser M. et al. Redefinition of the kilogram and the impact on its future dissemination //Metrologia. – 2010. – Т. 47. – №. 4. – С. 419.
7. Milton M. J. T., Davis R., Fletcher N. Towards a new SI: a review of progress made since 2011 //Metrologia. – 2014. – Т. 51. – №. 3. – С. R21.
8. Girard G. The third periodic verification of national prototypes of the kilogram (1988-1992) //Metrologia. – 1994. – Т. 31. – №. 4. – С. 317.
9. Бронников И.А., Иващук В.Д., Калинин В.Д., Мельников В.Н., Хрущев В.В. Переход к

новым определениями килограмма, моля, ампера и кельвина на основе фиксированных значений физических констант // Законодательная и прикладная метрология. – 2017. - №2. – с.7-11/

10. Taylor B. N., Mohr P. J. On the redefinition of the kilogram //Metrologia. – 1999. – Т. 36. – №. 1. – С. 63.

11. РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. -60 с.

12. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2014. - 23с.

13. Чистякова Н.В. Основные направления совершенствования метрологической деятельности в ОАО «РЖД» // Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте: Материалы второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. - Омск, 2016. – с.276-283.

14. Булгаков С. В. Развитие методов геодезического обеспечения железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. - 2(6). – с.34-42

15. Райфельд В.Ф. Геодезическое обеспечение трассирования и строительства железных и автомобильных дорог. – Новосибирск: НИИГАИК, 1984. – 78 с

16. Куприянов А.О Геодезическое обеспечение при строительстве трассы туннелей // Науки о Земле" № 1-2013 – с.32-38

17. Щербаков, В. В., Ковалева О. В., Щербаков И. В. Цифровые модели пути – основа геодезического обеспечения проектирования, строительства (ремонта) и эксплуатации железных дорог // Геодезия и картография. – 2016. – № 3. – С.12–16

18. Брынъ М. Я. О геодезическом обеспечении кадастра городских земель //Геодезия и картография. – 2003. – №. 6. – С. 51-54.

19. Цветков В.Я. Информационно измерительные системы и технологии в геоинформатике. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 94с. ISBN 978-5-317-05117-4.

20. Кужелев П.Д., Цветков В.Я. Применение ГИС на железнодорожном транспорте //Успехи современного естествознания. –2009. – №4. – с. 43-44

22. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом //Успехи современного естествознания. –2009. – №4. – с. 50-51.

22. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Геоинформатика на железнодорожном транспорте // Сборник статей по итогам. Международной научно-технической конференции, посвященной 230-летию основания МИИГАиК. Выпуск 2 (в двух частях) часть 2.. – М.: Из-во МИИГАиК, 2009. –с.187-189

23. Самратов У.Д., Хвостов В. В., Филатов В.Н. и др. Направления модернизации государственного геодезического обеспечения Республики Казахстан с использованием спутниковых и телекоммуникационных технологий. - М.: ООО Проспект, 2016, -88с.

24. Майоров А.А. Информационное поле // Славянский форум. - 2013. – 2(4). - с.144-150

25. Майоров А.А. Информационные объекты в информационном поле // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №1(9). – с.66-73

26. Кудж С.А. Информационное поле: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 97 с. ISBN

978-5-317-05530-1

27. Цветков В.Я. Спутниковое навигационное поле // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №3-3. – с.502.

28. Мейер В. А. Обеспечение единства измерений на железнодорожном транспорте // Экономика качества. – 2014. – №. 3(7). – С. 7-17.

29. Куприянов А.О. Цифровое моделирование железнодорожного пути // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - 3 (15). – с.104-114. DOI: 10.21777/2312-5500-2016-3-104-114.

30. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №2. - с.147-155

31. Афонин Д.А., Богомоллова Н.Н., Брынь М.Я. Предрасчет точности геодезических измерений при организации мониторинга деформаций порталных частей транспортных тоннелей // Геодезия и картография. 2014. № 1. С. 7-11.

32. Богомоллова Н.Н., Брынь М.Я., Шульман Д.О., Толстов Е.Г., Никитчин А.А. Системы мониторинга деформаций объектов инфраструктуры ВСМ Москва-Казань // Путь и путевое хозяйство. 2017. № 9. С. 22-24.

33. Цветков В.Я. Геоинформационный мониторинг // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2005.- №5. - с.151 -155.

34. Ознамец В.В., Цветков В.Я. Геомониторинг: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 112 с. ISBN 978-5-317-05771-8

35. Tsvetkov V. Ya. Spatial Information Models // European researcher. Series A. 2013. №10-1(60). с.2386-2392.

36. Бондур В.Г., Гребенюк Ю.В. Аэрокосмические методы определения рельефа дна в прибрежных зонах морей и океанов // Исследование Земли из космоса. - 2000. - №6. - С.59-73.

37. Скнарина Н.А. Решение задач расстановки сети датчиков при организации геоинформационной системы мониторинга оползнеопасных склонов // Кибернетика. -2011. - № 6.- с.34-37. Гановер: Kybernetika-verlag.

38. Шайтура С.В. Информационная ситуация в геоинформатике// Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №5 (17). – с.103-108.

УДК: 334.71: 656: 338.245

## РЕСУРСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПУТИ

- Охотников А.Л.** Заместитель руководителя, Центр стратегического анализа и развития, АО НИИАС, E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Москва, Россия
- Новожилов Е.О.** Начальник отдела системного анализа, АО НИИАС, E-mail: eo.novozhilov@vniias.ru, Москва, Россия.
- Аннотация.** Статья рассматривает подходы к комплексной оценке технического состояния пути. Основное внимание уделено подходам, которые базируются на понятии жизненного цикла и ресурса. Дается сравнение остаточного ресурса и истощенного ресурса. Рассмотрены показатели, применяемые при комплексной оценке состояния пути. Выделена концепция управления рисками как основа оценки и прогнозирования состояния пути. Проанализирована методология УРРАН, как наиболее эффективное направление управления состоянием пути и назначения ремонта пути. Рассмотрены правила для принятия решений о назначении ремонта пути. Предложено дальнейшее развитие методов оценки состояния пути на основе ситуационного подхода.
- Ключевые слова:** транспорт, управление, железнодорожный путь, состояние пути, ситуационное управление, комплексная оценка состояния, истощенный ресурс

## RESOURCE APPROACH FOR ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF THE RAILWAY TRACK

- Okhotnikov A.L.** deputy head of Center, JSC "NIIAS", E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Moscow, Russia
- Novozhilov E.O.** Head of Division, Department of risk management of complex technical systems, JSC "NIIAS", E-mail: eo.novozhilov@vniias.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article describes the complex assessments of the technical condition of the railway track. Allocated the estimates are based on the concept of life cycle and resource. A comparison of the residual life and the exhaustion of the resource. The indicators used in the complex assessment of the state of the railway track are considered. The concept of risk management as a basis for the assessment and prediction of the state of the railway track is highlighted. The analysis of the methodology of URRAN as the most effective direction of management of a condition of a railway track and repair of a railway track. The rules for decision-making on the purpose of repair of the railway track are considered. The further development of methods for assessing the state of the railway track on the basis of the situational approach is proposed.
- Keywords:** transportation, management, railway track, condition of the railway track, situational management, comprehensive assessment, depleted the resource

### Введение.

Ресурс является важным фактором, определяющим жизненный цикл [1 2] любой технической системы, поэтому разделяют понятия выбранный ресурс [3] и остаточный ресурс

[4]. В диссертации Третьякова А.А. [5] введено понятие исчерпанный ресурс. Исчерпанным ресурсом автор называет предельное состояние элементов верхнего строения пути. Это понятие не является синонимом остаточного ресурса, поскольку оба понятия описывают разные качества. В отдельных случаях они могут совпадать, но в общем случае между ними существует различие. В работе [5] отмечается, что при планировании ремонтов пути недостаточно полно отражается фактическое состояние пути, что приводит к недостаточному учету и использованию реальных ресурсов. Традиционно оценка технического состояния пути проводилась на основе единичных показателей, в то время как комплексная оценка с применением системы показателей, позволяющих оценить ряд различных параметров, практически не применялась. Для использования комплексной системы показателей необходима интегрирующая основа. Такой основой может быть, например, ресурс.

### Остаточный и исчерпанный ресурс.

Существующие статистические критерии ремонта пути по зафиксированным данным: одиночный выход рельсов, пропущенный тоннаж, срок службы в годах и прочее – не всегда дают прагматический результат. Это обусловлено тем, что они не учитывают реальное состояние верхнего строения пути (ВСП), отражаемое комплексом показателей. Для учета этих факторов целесообразно использовать не только фиксированные данные, но расчетные прогнозные значения, характеризующие состояние ВСП. Это дает возможность включать аппарат статистического моделирования для расчета ресурса. Целесообразно сравнить остаточный и исчерпанный ресурсы.

На рис. 1 дано соотношение выбранного ( $R_v$ ) и остаточного ( $R_l$ ) ресурса. Их сумма равна общему или эксплуатационному ресурсу ( $R_t$ )

$$R_t = R_v + R_l. \quad (1)$$

Текущее состояние характеризуется моментом времени  $T_T$ .

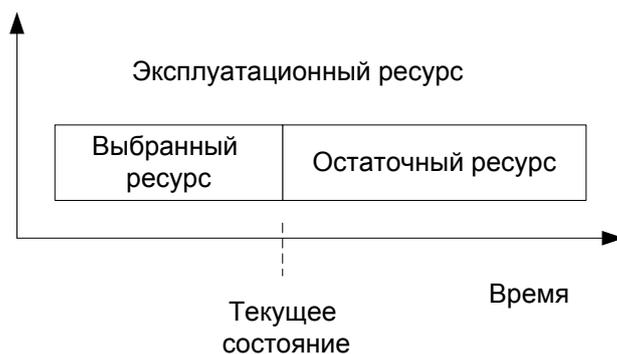


Рисунок 1. Выбранный и остаточный ресурс.

Величина  $VR_N$ , определяемая отношением выбранного ресурса  $R_v$  к моменту времени  $T_T$  текущего состояния, характеризует фактическую скорость расходования ресурса.

$$VR_N = R_v / T_T \quad (2)$$

Сравнение нормативное скорости  $V_N$  расходования ресурса с фактической скоростью  $VR_N$

расходования ресурса характеризует преждевременный износ  $VRN > VN$ , плановое расходование ресурса  $VRN = VN$  или экономию ресурса  $VRN < VN$ . В целом рис. 1 дает временную характеристику ресурса сложной технической системы независимо от фактического состояния ресурса.

На рис. 2 даны две ситуации для исчерпанного ресурса: RA и RB. В ситуации А исчерпанный ресурс превосходит нормативный выбранный ресурс. В ситуации Б исчерпанный ресурс не превосходит нормативный выбранный ресурс.

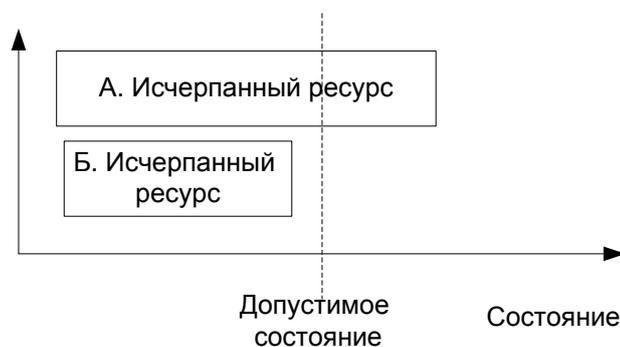


Рисунок 2. Два вида исчерпанного ресурса.

Рис. 2 дает ситуационную характеристику состояния ресурса независимо от времени. Ситуация А характеризует необходимость проведения ремонта пути, независимо от срока эксплуатации. Ситуация Б характеризует отсутствие необходимости проведения ремонта пути, независимо от срока эксплуатации. Таким образом, показатель «исчерпанный ресурс» дополняет показатели «выбранный ресурс» и «остаточный ресурс». Это говорит о том, что целесообразно вводить показатели, характеризующие реальное состояние пути, включая прогнозные модели.

#### Оценка состояния пути с использованием комплексной системы показателей.

Развитием идей применения комплексной оценки состояния пути служит работа Симонюка И.А. [6], в которой исследованы результаты анализа и прогнозирования накопленных остаточных деформаций рельсовой колеи. Для этого применяется двухплоскостная проекционная модель. В работе [5] применяется математическая модель интенсивности накопления остаточных деформаций ВСП. Эта модель (3) представляет собой многочлен, включающий суммы интенсивностей в период приработки, в период нормальной эксплуатации пути и в период интенсивных отказов.

$$\Omega(x) = B \cdot \frac{m}{t} x^{m-1} + C + A \left[ 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \right] * \left( \frac{\eta}{\beta \ln \eta + 1} \right). \quad (3)$$

В выражении (3):  $m$  – параметр формы в зоне приработки;  $t$  – параметр масштаба в зоне приработки;  $\beta$  – параметр формы при периоде ухудшения состояния пути;  $\eta$  – коэффициент полноты восстановления ресурса;  $x$  – пропущенный тоннаж, млн. т. брутто;  $\alpha$  – параметр масштаба при периоде ухудшения состояния пути;  $C$  – постоянная, показывающая уровень остаточных деформаций, не зависящих от интенсивности движения поездов;  $B$  в выражении (3);  $B$ ,  $A$  – коэффициенты при интенсивности накопления остаточных деформаций от наработки

тоннажа или времени.

Данная модель построена для прогнозирования изменения геометрии рельсовой колеи (ГРК). В то же время в систему «путь» входят неучтенные в выражении (3): отказы рельсов, скреплений и загрязненность балласта. В силу этого использование данной модели для назначения ремонтов всех видов имеет ограниченный характер. Использовать на практике эту модель сложно из-за отсутствия комплексной оценки интенсивности накопления остаточных деформаций. Другой подход дается в работе [7]. В ней принятие решения о проведении работ по техническому содержанию объектов инфраструктуры основано на схеме, показанной на рис. 3.



Рисунок 3. Укрупненная структурная схема математического обеспечения системы УРРАН

Для управления надежностью автор применяет стационарные показатели надежности технических систем. Это показатели включают коэффициенты готовности КГ и неготовности КНГ, среднюю наработку Т0 на отказ, среднее время ТПР простоя системы. Данный метод расчета показателей основан на применении теории графов. Надежность системы моделируется графом состояний и полумарковским случайным процессом на множестве состояний. Каждое состояние задается матрицей переходных вероятностей и вектором безусловных математических ожиданий времени пребывания в каждом из состояний графа. Расчет показателей средней наработки на отказ (между отказами) среднего времени простоя системы, описывается также полумарковским случайным процессом.

После построения графа составляется система дифференциальных уравнений, решение которой дает вероятности переходов из одного состояния в другое. Оно определяет и вычисленные коэффициенты готовности. Для технического обслуживания (ТО) по состоянию объекта путевого хозяйства решаются две главные задачи управления системой ТО:

1. Определение решающего правила для управления ТО объекта путевой инфраструктуры;
2. Определение решающего правила для назначения капитальных ремонтов участков пути.

Первое правило, устанавливается неравенством. Значение решающей функции должно быть  $Y(rB, ni) < 1$  (4)

где:  $rB$  – верхняя граница доверительного интервала параметра  $\lambda$ ;

$n_i$  – количество отказов.

В работе [8] для оценки состояний пути используется метод цепей Маркова. Условиями применения данного метода необходимо являются: а) отсутствие долгодействия; б) наличие короткодействия. Напомним, что для каждого момента времени вероятность состояния в цепи Маркова зависит только от ее предшествующего состояния и не зависит от длительности предшествующего развития процесса. Таким свойством обладает Пуассоновский поток. В тоже время поток отказов элементов пути не является Пуассоновским, поскольку в процессе наработки существуют причинно-следственные отказы, которые зависят от предыдущих долговременных отказов. Альтернативой оценки состояния пути является метод имитационного компьютерного моделирования.

Важным является показатель – скорость, соответствующая состоянию пути (СССП). Этот показатель определяют по ГРК для исследуемого участка пути. Результаты работы [8] показывают, что величины показателя СССП для путей различного класса, с различными типами верхнего строения пути согласуются с установленными скоростями движения поездов. Эта закономерность может служить обобщенной оценкой состояния геометрии отрезка пути, длиной от пикета до нескольких километров. Показатель СССП позволяет выявлять места, требующие проведения выправочных работ и даже оценивать их качество. Выправке подлежат отрезки пути, для которых значение СССП меньше нормативной скорости движения. Для определения очередности проведения работ отрезки пути могут быть ранжированы по значению СССП в порядке от «худших» к «лучшим». Показателем стабильности состояния отрезка пути длиной от одного перегона может служить коэффициент корреляции КХУ, рассчитываемый по известной формуле математической статистики по значениям СССП двух соседних (x и y) проходов путеизмерителя.

$$r_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)(y_i - m_y) \cdot \dots \cdot K_{xy} = \frac{r_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \dots \quad (4)$$

В выражении (4):  $m_x$ ,  $m_y$  – математические ожидания;  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  – среднеквадратические отклонения СССП для проходов x и y соответственно. Их определяют на отрезке пути, для двух проходов путеизмерительного вагона. Коэффициент корреляции КХУ показывает степень изменения ГРК отрезка пути между двумя проходами путеизмерительного вагона.

Количественные показатели стабильности ГРК отрезка пути служат косвенными оценками состояния балластного слоя и основной площадки земляного полотна. Исследование загрязненности балласта [9, 10] выявило, что на дистанции пути загрязненность балласта часто устанавливается эвристически – визуально. Это является недостоверным критерием назначения очистки балластного слоя.

Более надежный показатель – способность балласта отводить воду. Он одновременно характеризует количество загрязнителей, их зерновой состав, плотность заполнения ими пустот и т. д. При этом потерю щебнем способности пропускать воду определяют также по внешним признакам – появлению разжижений и выплесков.

Одним из направлений совершенствования методов диагностики балластного слоя земляного полотна является использование данных о состоянии рельсовой колеи, получаемые с

путеизмерительного вагона. Можно констатировать, что главным критерием необходимости очистки балластного слоя является не загрязненность, а комплексная характеристика, отражающая потерю его несущей способности, которую невозможно восстановить сплошной механизированной выправкой. Несущая способность пути зависит от комплекса факторов: загрязненности балласта, изменения его фракционного состава и способности отводить воду. Эффективность, в данном случае, оценивается по стабильности ГРК, после выправки в течение наблюдаемого интервала времени; такой подход позволяет количественно оценить очистку балласта, по критерию СССП.

Одним из показателей состояния пути при наработке тоннажа  $t \geq 700$  млн. т. брутто может являться остаточный ресурс рельсов, характеризующийся боковым износом при эксплуатации. При таком подходе в качестве оценки для прогнозирования ресурса можно принять величину бокового износа. Решение данной задачи дается в работе [11]. В этой работе рассмотрена модель прогнозирования остаточного ресурса рельсов. Оценка износа пути рассчитывается по боковому износу, который зависит от наработки тоннажа. Остаточный ресурс оценивают тремя показателями: средним остаточным ресурсом, вероятным остаточным ресурсом и прогнозируемой датой следующего измерения.

Интерес представляет зарубежный опыт оценки технического состояния пути и управления его состоянием [12, 13]. Даются теоретические основы оценки состояния верхнего строения железнодорожного пути. Предложена диагностика ВСП по совокупности методов и средств определения его состояния. В работе [14] применяется обобщенный метод прогнозирования состояния и надежности пути. Состояние пути [14] определяется, как векторная модель в  $n$ -мерном пространстве параметров. Каждое состояние описывает вектор параметров. Переход из одного состояния в другое определяется как разность векторов. Количество исследуемых состояний определяется количеством информационных ситуаций [15, 16].

Определение надежности пути [14] на основе системного подхода [17] производится с помощью метода структурных схем [18], который применяется в общей теории надежности. Расчет надежности отдельных элементов пути определяется по известным в теории надежности законам распределения отказов, таких, как: показательный, нормальный, Вейбула, Релея и др. По существу, автор использует модель информационной ситуации состояния пути.

### **Оценка состояния элементов инфраструктуры с использованием УРРАН.**

Современный подход оценки состояния элементов инфраструктуры железнодорожного транспорта основан на концепции комплексного управления ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла (УРРАН). В работе [19] отмечено, что оптимизация расходов на содержание инфраструктуры в условиях ограниченности средств является одной из ключевых задач компании. С этой целью в ОАО «РЖД» создана методология управления надежностью, безопасностью, рисками, затратами с учетом аспектов долговечности и человеческого фактора, получившая название УРРАН [19–22]. Она превосходит подобные системы, использующиеся на передовых железных дорогах зарубежных стран, и не имеет аналогов в мире.

В этой методологии управление ресурсами связано с расходами на содержание инфраструктуры. Продление срока службы сложных технических систем определяется по результатам диагностики фактического состояния объекта, что соответствует концепции «исчерпанного ресурса» [4]. Решение о продлении срока службы пути или ремонта принимается на основе зависимости показателя надежности технических систем от времени

эксплуатации или выполненной работы. Интервал времени, на который продлевается срок службы технических систем, определяется точками допустимого уровня риска и границы недопустимого риска [19–22].

В путевом хозяйстве капитальный ремонт рельсов традиционно проводится по временному критерию – назначенным (плановым) срокам службы. Недостатком такого подхода является то, что независимо от износа рельса, его могут заменить раньше, чем им будет достигнуто предельное состояние износа. Это создает экономические потери. Протяженность путей, просроченных капитальным ремонтом, ежегодно составляет около 20000 км. При средней стоимости капитального ремонта одного километра пути 15 млн. руб., расходы на проведение капитального ремонта этих путей составят 340 млрд. руб.

Переход к ресурсному подходу, предусматривающему капитальный ремонт по предельному состоянию пути, существенно снижает расходы. Оценка предельного состояния пути требует выполнить оценку риска нарушения безопасности движения. Если риск превышает допустимый уровень, следует немедленно ремонтировать путь. Проведение капитального ремонта пути при достижении предельного состояния позволит обеспечить приемлемый уровень риска нарушения безопасности движения при значительно меньших, по сравнению с ремонтом по назначенному сроку службы, расходах. Это дает основание утверждать, что создаваемая в проекте УРРАН система управления рисками обеспечивает приемлемые уровни рисков и способствует снижению эксплуатационных расходов. Комплексная методология УРРАН позволяет контролировать и поэтапно минимизировать риски в порядке их иерархии или «предпочтительности» [23]. Система управления рисками служит инструментом, содействующим повышению операционных показателей железнодорожного транспорта.

Первое внедрение концепции УРРАН произошло на Северной железной дороге. Анализ результатов внедрения приведен в материалах [24], которые были представлены Северной железной дорогой в 2011 г. на Ассамблее начальников железных дорог в г. Ярославле. С внедрением системы УРРАН появилась математически выверенная возможность прогнозирования состояния объектов инфраструктуры в будущем, как в краткосрочной, так и среднесрочной перспективе. В ходе внедрения подтверждено, что система УРРАН при минимальных затратах и вложениях позволяет получить максимальный эффект от ее применения за счет перераспределения средств на наиболее критические участки дороги, обеспечивая заданную пропускную способность.

Для наибольшей объективности при оценке показателей надежности расчет производится на основании данных о числе и продолжительности отказов за предшествующие 36 месяцев. Цель проведения расчетов по системе УРРАН заключается в определении фактической интенсивности потока отказов, сравнение которой с установленными нормативными значениями позволяет выявить объекты, требующие принятия определенных управленческих решений для повышения надежности их работы. При этом возможны шесть сценариев принятия управленческих решений.

Сценарий 1. Нормальная эксплуатация объекта, когда фактическая интенсивность потока отказов не превышает допустимую.

Сценарий 2. Показатели эксплуатационной надежности объекта не поддерживаются на должном уровне в процессе эксплуатации, но при этом сохраняется надежность, заложенная в объекте, и фактическая интенсивность потока отказов не превышает допустимую.

Сценарий 3. Показатели эксплуатационной надежности объекта не поддерживаются на

должном уровне в процессе эксплуатации, и при этом фактическая интенсивность потока отказов превышает допустимую. Требуется существенное улучшение системы обслуживания технических средств.

Сценарий 4. Показатели эксплуатационной надежности объекта не поддерживаются на должном уровне, как самим объектом, так и службой эксплуатации.

Сценарий 5. Показатели эксплуатационной надежности не обеспечиваются объектом на должном уровне. Требуется обновление технических средств.

Сценарий 6. Показатели эксплуатационной надежности объекта поддерживаются на должном уровне за счет хорошей работы службы эксплуатации, несмотря на то, что интенсивность потока отказов превышает допустимую.

Формирование планов ремонтно-путевых работ с учетом рекомендаций системы УРРАН обеспечивает адресность назначения работ на участках с большей интенсивностью отказов и снижает уровень рисков по объектам инфраструктуры. При выполнении капитального ремонта в соответствии с концепцией УРРАН возникает возможность в первую очередь реконструировать перегоны с недопустимой интенсивностью отказов.

Применение методологии УРРАН позволило: обеспечить адресное назначение ремонтно-путевых работ, оптимизировать выбор участков и видов ремонтных работ с учетом ресурсных ограничений, исключить опасные тенденции роста частоты отказов.

Можно отметить существенное снижение рисков, связанных с возникновением отказов, и переход всех рассматриваемых дистанций в зону допустимого риска интенсивности отказов [24]. Опыт Северной железной дороги по применению методологии УРРАН позволяет принять решение об отмене инструкции ЦПТ-53 как не обеспечивающей оптимальные показатели надежности пути и безопасности движения и перейти на планирование ремонтов пути на всей сети с учетом параметров методологии УРРАН. Наряду с показателями надежности и безопасности в этой методологии рассматриваются и экономические показатели ресурсосбережения.

Экономические критерии принятия решений освещены достаточно широко [25–28]. Применительно к проведению ремонтных работ подобные исследования проведены в [29]. Данное исследование отражает учитывают ограниченность ресурсов ОАО «РЖД», направляемых на обновление основных фондов инфраструктурных хозяйств. В нем выполняется оценка возможности увеличения межремонтных интервалов и продления сроков службы основных средств.

Методологическую основу формирования критериев экономической целесообразности продления срока службы составляет концепция стоимости жизненного цикла (СЖЦ). Сама по себе концепция жизненного цикла прошла проверку временем и не вызывает возражений. Однако в РЖД пока еще недостаточно применяются концепции ресурсного построения жизненного цикла, в то время как для принятия решений зачастую используют только одну спираль качества, исключая спиральную и каскадную. Основой управления СЖЦ [29] служит дерево затрат, содержащее затраты на приобретение, на содержание оборудования в течении его жизненного цикла, на устранение отказов и на утилизацию.

Критерий экономической целесообразности продления срока службы для хозяйства пути и сооружений представляет собой простое правило, согласно которому фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути (Рфакт) сравниваются с контрольным значением (Рконтр).

Если  $R_{\text{факт}} \geq R_{\text{контр}}$ , то экономически более эффективно проведение «тяжелых» видов ремонта; если  $R_{\text{факт}} < R_{\text{контр}}$ , то с экономической точки зрения проведение капитального ремонта можно отложить.

Фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути определяются по формуле:

$$R_{\text{факт}} = C_{\text{отк}} + C_{\text{тек}} \quad (5)$$

В выражении (5):  $R_{\text{факт}}$  – фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути, руб.;  $C_{\text{отк}}$  – фактическая стоимость устранения отказов на 1 км пути, руб.;  $C_{\text{тек}}$  – фактическая стоимость текущего содержания 1 км пути, руб. Для определения фактической стоимости устранения отказов использовалась информация о количестве отказов ГРК и ОДР, а также данные о стоимости устранения одного отказа и стоимости задержки поезда по причине отказа:

$$C_{\text{отк}} = (GPK + ODP) \cdot C_{\text{од.отк}} + [(GPK + ODP) \cdot C_3] / L \quad (6)$$

В выражении (6): ГРК – количество отказов ГРК на участке за год, шт.; ОДР – количество отказов ОДР на участке за год, шт.;  $C_{\text{од.отк}}$  – стоимость устранения одного отказа, руб.;  $C_3$  – среднестатистическая стоимость задержки поезда от одного отказа, руб.;  $L$  – длина участка, км.

Фактическая стоимость технического содержания (ТС) вычисляется согласно выражению (7):

$$C_{\text{тек}} = (C_{\text{раб}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{маш}}) / L \quad (7)$$

В выражении (7):  $C_{\text{раб}}$  – фактическая годовая стоимость работ монтеров пути для ТС, руб.;  $C_{\text{мат}}$  – фактическая годовая стоимость материалов для ТС, руб.;  $C_{\text{маш}}$  – фактическая годовая стоимость работ машин для ТС, руб.;  $L$  – длина участка, км.

Расчет контрольного значения расходов на ТС 1 км пути:

$$R_{\text{контр}} = (C_{\text{отк.контр}} + C_{\text{тех.контр}} + C_{\text{аморт.контр}}) \quad (8)$$

В выражении (8):  $C_{\text{отк.контр}}$  – контрольное значение стоимости устранения отказов на 1 км пути, руб.;  $C_{\text{тех.контр}}$  – контрольное значение стоимости ТС на 1 км пути, руб.;  $C_{\text{аморт.контр}}$  – контрольное значение амортизации на 1 км пути, руб.

Контрольные значения стоимости устранения отказов и стоимости ТС на 1 км рассчитываются по выражениям (9) и (10).

$$C_{\text{отк.контр}} = (GPK_{\text{ср}} + ODP_{\text{ср}}) \cdot C_{\text{од.отк}} + [(GPK_{\text{ср}} + ODP_{\text{ср}}) \cdot C_3] / L \quad (9)$$

В выражении (9):  $GPK_{\text{ср}}$ ,  $ODP_{\text{ср}}$  – среднестатистическое количество отказов с момента капитального ремонта, шт, для ГРК и ОДР соответственно;  $L$  – длина участка, км.

$$C_{\text{тех.контр}} = (C_{\text{ср.раб}} + C_{\text{ср.мат}} + C_{\text{ср.маш}}) / L \quad (10)$$

В выражении (10):  $C_{\text{ср.раб}}$  – статистическая среднегодовая стоимость работ для ТС в зависимости от числа лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.;

Сср.мат – статистическая среднегодовая стоимость материалов для ТС в зависимости от числа лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.; Сср.маш – статистическая среднегодовая стоимость работы машин для ТС в зависимости от числа лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.; L – длина участка, км.

Контрольное значение амортизации на 1 км определяется как стоимость капитального ремонта 1 км пути, распределенная равномерно на количество лет, прошедших после капитального ремонта.

$$\text{Саморт.контр} = \text{Ск.р.} / (\text{Тк.р} \cdot L) \quad (11)$$

В выражении (11): Ск.р – стоимость капитального ремонта, руб.; Тк.р – число лет, прошедших после капитального ремонта пути; L – длина участка, км.

Алгоритм принятия решения приведен на рис. 4. На рис. 4 обозначено: блок 1 – истечение нормативного срока службы объекта; блок 2 – возможность продления срока службы объекта по условию безопасности; блок 3 – возможность продления срока службы объекта по его техническому состоянию; блок 4 – возможность продления срока службы объекта по экономической целесообразности; блок 5 – принятие решения о продлении срока службы объекта; блок 6 – принятие решения о замене объекта.

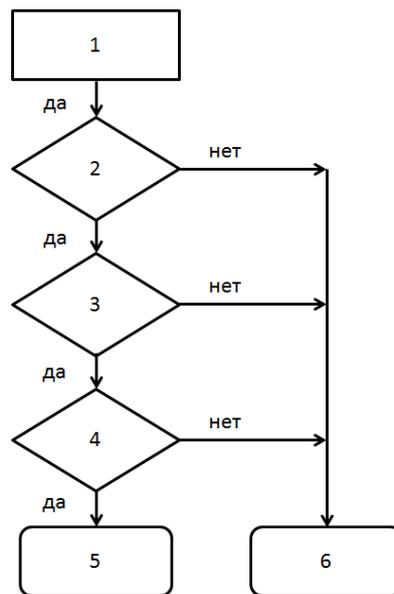


Рисунок 4. Алгоритм принятия решения о продлении срока службы.

В случае продления срока службы объекта или замены объекта (для пути это – капитальный ремонт) стоимость жизненного цикла определяются по формуле

$$\text{СЖЦ}_3 = S_{\text{нач.0}} + \sum_{i=0}^T \frac{S_{\text{ТС}} + S_{\text{отк}}}{(1+d)^i} + \frac{S_{\text{утил}}}{(1+d)^T} \cdot (12)$$

В выражении (12): Sнач.0 – затраты на приобретение и установку объекта, руб.; Сутил – затраты на утилизацию объекта, руб.; Sтс – затраты на ТС, руб. Sотк – затраты, связанные с отказами, руб. d – ставка дисконтирования; T – продолжительность эксплуатации объекта, лет.

Введение экономических критериев позволяет повысить обоснованность принимаемых решений по проведению ремонтов пути.

#### **Оценка предотказного состояния участка.**

Для прогнозирования отказов элементов ВСП необходимо определить предотказное состояние рассматриваемого участка. Одно из решений задачи дано в работе [30]. Предотказное состояние каждого участка пути определяется с целевой функцией организации его своевременного ремонта и ранжирования различных участков пути для мотивации обслуживающего персонала. Для этого используют фактофиксирующую модель произошедших отказов и на этой основе прогнозируют предотказное состояние инфраструктуры на основе ее реального состояния. Эта задача решается для технических объектов инфраструктуры, в которых в явной форме можно выявить деградиционные явления, связанные с процессами взаимодействия с подвижным составом. К таким объектам относятся: рельсовая колея, подверженная изменениям геометрических параметров; рельсошпальная решетка (скрепления, шпалы); рельсы, на которых могут образовываться короткие неровности на поверхности катания, износы, наклон поверхности катания, отклонения параметров подуклонки, внутренние дефекты, связанные с усталостными процессами; земляное полотно; балластный слой; рельсовые цепи; контактная сеть, подверженная изменению эластичности подвески, натяжения контактного провода и его износу. Эти же объекты, определяют безопасность и готовность инфраструктуры и требуют наиболее значительных ресурсных вложений.

Среди объектов инфраструктуры железнодорожный путь является наиболее нагружаемым и зависимым от пропущенного тоннажа объектом. Высокие нагрузки влекут изменения ГРК. На всех дорогах накоплена база данных по ГРК, собранная по результатам измерений вагонопутеизмерителей КВЛ-П. Для ГРК был разработан интегральный параметр – индекс состояния пути, сформированный на основе данных о нестабильности положения пути по всем трем осям: крену, курсу и тангажу.

Идеальный путь с нулевым индексом – это путь, полностью соответствующий нормативам. Чем больше отклонение показателей пути, тем больше индекс. График индекса состояния пути позволяет сравнивать между собой различные участки пути, а динамика развития индекса во времени позволяет не только выявить участки с деградацией пути, но и увидеть участки с «восстанавливающимися» расстройствами пути после проведенных ремонтов. В методику формирования индекса состояния заложены возможности учета индивидуальных особенностей конструкции, устройства и эксплуатации пути: установленных скоростей и приведение к эталонному километру. Недостаточно просто иметь возможность сопоставления различных участков пути между собой, необходимо знать, насколько они близки к критическому состоянию и способны эффективно выполнять свою задачу по обеспечению перевозочного процесса.

На первом этапе была поставлена задача: установить связь между отказами и отступлениями в содержании рельсовой колеи. Как оказалось, наиболее точно кривую отказов описывает кривая всех отступлений, начиная со второй степени [30].

Эта кривая более гладкая, так как базируется на более обширном статистическом материале (470 000 отступлений) и гораздо меньше подвержена случайным колебаниям.

На втором этапе была установлена связь между отказами, отступлениями и индексом, которая позволила выйти на определение уровня предотказности.

Причем уровень предотказного состояния может быть определен уже не только для всей дороги в целом или для дистанции пути, но и для каждого перегона и даже километра.

При рациональном содержании пути состояние участков должно лежать в заданном интервале по уровню предотказного состояния. Ширина этого интервала определяет диапазон существования участка между ремонтами. Участки, лежащие левее заданного интервала, содержатся с избыточным уровнем затрат, правее – с недостаточным уровнем затрат или некачественным (неэффективным) содержанием пути. Заданный интервал не должен быть слишком узким, так как содержание пути в узком интервале потребует дополнительных неоправданных затрат на частые выезды бригад и техники на участки ремонта. Также интервал не должен быть слишком широким, так как расширение интервала возможно только в область с меньшими состояниями предотказности, а это избыточные вложения там, где этого можно не делать. На достаточно представительной выборке участков (например, все километры, принадлежащие дистанции пути) распределение участков по интенсивности предотказов должно иметь характер нормального распределения.

Смещение максимума относительно середины допустимого интервала вправо означает необходимость планирования ремонтов пути, так как существующая система обслуживания уже не справляется с общим ухудшением его состояния. Отработка методики определения предотказного (частично работоспособного) состояния рельсовой колеи проводилась на полигоне Северной железной дороги.

Для проведения анализа о состоянии выбранного участка пути с целью проведения на нем ремонтных работ необходимо иметь некоторую статистику по отказам элементов пути и по интенсивности этих отказов планировать путевые работы. По данным КАСАНТ определяется интенсивность отказов технических средств. Методология УРРАН использует этот показатель для оценки ресурсных рисков и рисков нарушения безопасности движения, а также издержек в перевозочном процессе из-за отказов и затрат на их устранение и предупреждение. Данные, полученные из АСУ-Путь и ЕКАСУИ, используются для расчета практически всех показателей, включая затраты за период жизненного цикла пути. Одна из ключевых задач внедрения УРРАН в путевом комплексе – снижение стоимости жизненного цикла путевой инфраструктуры за счет обоснованного перераспределения ресурсов.

В рамках внедрения системы УРРАН в путевом хозяйстве в 2011–2012 гг. разработан ряд нормативных документов. В их числе:

- СТО РЖД 2.041-2011 «Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРРАН). Системы, устройства и оборудование путевого хозяйства. Требования надежности и функциональной безопасности»;
- методика расчета показателей надежности и безопасности функционирования эталонных объектов путевого хозяйства ОАО «РЖД»;
- экономико-математическая модель расчета бюджетов на содержание хозяйства пути и сооружений (дирекции инфраструктуры) на основе методологии УРРАН;
- апробация подходов к содержанию инфраструктуры хозяйства пути и сооружений (дирекции инфраструктуры) с использованием УРРАН на полигоне Северной железной дороги и проведение анализа сравнительной эффективности с существующим подходом.

На сегодняшний день методология УРРАН в путевом хозяйстве нашла практическое применение в планировании модернизации и капитальных ремонтов железнодорожного пути. Как известно, в 1994 г. приказом 12Ц была введена новая система ведения путевого хозяйства,

предусматривающая переход на назначение ремонтов пути по его фактическому состоянию. Помимо ресурсного показателя – пропущенного тоннажа – используются еще четыре критерия: выход рельсов, дефектность шпал, креплений, балластного слоя, определяющие фактический уровень технического состояния пути. Совокупность этих критериев в значительной степени определяет и уровень безопасности, и уровень затрат на текущее содержание участка пути, подлежащего ремонту, однако инструмента для их количественной оценки до последнего времени пока нет.

В новой редакции нормативов к пяти существующим критериям добавлены дополнительные критерии с использованием инструментов УРРАН: частота отказов элементов пути и затраты на его текущее содержание пути.

В итоге введение дополнительно двух критериев УРРАН – частоты отказов и затрат на текущее содержание пути – позволяет в условиях ресурсных ограничений более обоснованно выбрать участки ремонтов, после оздоровления которых будут получены наилучшие результаты.

Исходя из вышеизложенного следует заключить, что использование семи критериев при назначении ремонтов пути до конца не актуализировано, так как путь на этапе износовых отказов в каждый момент времени имеет разные предельные значения этих семи критериев и поэтому одновременное их выполнение весьма проблематично и не однозначно, в результате чего необходимо разработать методику назначения ремонтов пути с использованием этих критериев.

Основным фактором, сдерживающим увеличение скоростей движения поездов, является состояние пути с просроченными капитальными ремонтами. Железнодорожный путь – важнейшая составляющая инфраструктуры, поэтому оценка его состояния является основной задачей для надежной и безопасной ее эксплуатации.

В настоящее время остро стоит вопрос повышения эффективности планирования ремонтов пути при постоянно изменяющихся условиях его эксплуатации. Необходимо своевременно и адресно включать в план ремонта тот или иной участок. Необходимо создать автоматизированную систему, позволяющую в режиме реального времени выдавать рекомендации по предотвращению на предотказном уровне возможных отказов и нарушений безопасности движения поездов, а также снижению рисков, связанных с устройствами путевой инфраструктуры. Это даст возможность проводить работы адресно и сократить непроизводительные потери. Основные задачи автоматизированного определения предотказного состояния инфраструктуры:

- сбор и накопление данных автоматизированных средств диагностики;
- построение прогноза развития инфраструктуры в целях своевременного принятия мер;
- контроль качества выполненных ремонтных работ и устранения выявленных нарушений.

На основе полученных данных выполняется ранжирование участков пути в соответствии с матрицей ранжирования, оценка возможного влияния на перевозочный процесс состояния пути в зависимости от грузонапряженности, а также выявляются участки, требующие ремонта. С применением полученных результатов обеспечивается объективность принимаемых решений и адресность распределения ресурсов.

Автоматизированное прогнозирование предотказного состояния инфраструктуры уже подтвердило правильность выбора участков пути для ремонта в 2014–2015 гг., которое осуществлялось на основании [31].

В настоящее время при назначении соответствующих видов ремонтов к традиционным критериям (требованиям Распоряжения от 18.01.2013 № 75р, наработкам по пропущенному тоннажу) добавился показатель надежности, рассчитанный с использованием средств диагностики. Более того, использование информации, полученной средствами дефектоскопии, вагонами-путеизмерителями и диагностическими комплексами, позволяет более полно оценить возможность возникновения рисков.

Более того, данный метод открывает возможность использования комплексного планирования ремонтов пути и инфраструктуры, учитывая риски на участках пути для всех хозяйств. При этом выбор участков базируется на данных автоматизированной диагностики, что обеспечивает снижение влияния «человеческого фактора» на исходные данные.

Комплексная реконструкция, в свою очередь, позволит снизить затраты на текущую эксплуатацию за счет минимизации работ по ТС на обновленных участках, а также повысить пропускную способность таких участков за счет снижения количества технологических «окон» на содержание инфраструктуры и в результате получить дополнительный экономический эффект.

В качестве примера применения новых подходов можно привести результаты апробации методологии УРРАН в части формирования планов работ по ТС пути на Северной железной дороге, проведенной в 2011 г. Прогнозный на 2012 г. и подтвержденный в дальнейшем экономический эффект от реализации плана работ, сформированного по методологии УРРАН, по сравнению с реализацией плана работ, сформированного по ЦПТ-53, составил:

- за счет сокращения прямых текущих расходов на содержание путевой инфраструктуры Северной железной дороги – 47 234,5 тыс. руб.;
- за счет сокращения количества отказов и, как следствие, сокращения расходов на устранение последствий отказов и сокращения расходов на простой поездов – 43 818,4 тыс. руб.;
- итого сокращение текущих расходов в целом – 91 053 тыс. руб.

### **Заключение**

Переход к комплексной оценке состояния пути на основе ресурсного подхода повышает объективность принятия решений и улучшает адресность распределения ресурсов, направляемых на участки проведения ремонта.

Концепция УРРАН предлагает один из лучших комплексных подходов к оценке технического состояния железнодорожного пути, который является основой для принятия решений по управлению ресурсами и осуществлению ремонта и обслуживания пути.

Для построения современной модели оценки технического состояния пути наиболее целесообразной и эффективной является комплексная оценка состояния пути, которая включает следующее:

- оценка выбранного, остаточного и исчерпанного ресурса;
- оценка состояния ГРК и показателей надежности (интенсивность отказов, среднее время до восстановления, коэффициент готовности) на основе данных систем диагностики;
- оценка предотказных состояний с применением прогнозных моделей;
- оценка связанных рисков (ресурсные риски и риски в области безопасности движения);
- оценка стоимости жизненного цикла.

В результате указанная модель на основе комплекса критериев позволит принять объективные решения по продлению срока службы объектов ВСП и назначению ремонтов, что

повысит техническую и экономическую эффективность эксплуатации пути.

В то же время существует резерв повышения качества моделирования состояния пути. Этот резерв заключается в использовании ресурсной модели жизненного цикла и в использовании информационной модели, которая называется «информационная ситуация». Модель информационной ситуации дает возможность перехода от параметрической модели и векторной модели к ситуационной модели и, соответственно, к ситуационному управлению. Ситуационное управление служит мостиком перехода от автоматизированного управления к интеллектуальному управлению. Также имеются и резервы модернизации параметрического векторного управления. Для определения вектора состояний пути по его параметрам и определения различий между состояниями целесообразно использовать модель разделяющей гиперплоскости, пример которой дается в работе [32].

### Список литературы

1. V. Ya. Tsvetkov, Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design .-2014. - Vol.(4), № 2, pp.86-91/
2. Цветков В. Я. Оценка жизненного цикла корпоративной информационной системы // Славянский форум. - 2014. - 1(3). - с.359 -363
3. Коновалов М. Г., Малашенко Ю. Е., Назарова И. А. Управление заданиями в гетерогенных вычислительных системах //Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2011. – №. 2. – С. 43-61.
4. Филинов М. В., Фурсов А. С., Ключев В. В. Подходы к оценке остаточного ресурса технических объектов //Контроль. Диагностика. – 2006. – №. 8. – С. 6-16.
5. Третьяков А.А. Оценка исчерпанного ресурса верхнего строения железнодорожного пути / дис. к.т.н. спец: 05.22.06: – СПб.: ПГУПС, 2016. – 138с.
6. Симонюк И.А. Прогнозирование интенсивности накопления остаточных деформаций верхнего строения железнодорожного пути для среднесрочного планирования путевых работ/ дис. к.т.н. спец: 05.22.06: – СПб.: ПГУПС, 2014. – 147 с.
7. Замышляев А.М. Автоматизация процессов комплексного управления техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорта / дис. к.т.н. спец: 05.22.06: – М.: МГУПС, 2013. Москва. – 147 с.
8. Мишин В.В., Беликова Е.А. Статистические методы оценки состояния геометрии рельсовой колеи. // Вестник ВНИИЖТ. - 2000. - №3, - с.3-8.
9. Крошечкина И. Ю., Зубрев Н. И. Комплексная оценка загрязнений балластного слоя железнодорожного полотна //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – №. 1. – С. 100.
10. Толстикова Н. А. Анализ загрязненности щебеночного балласта //Известия Транссиба. – 2016. – №. 3 (27).- с.110-116.
11. Краковский Ю.М., Начигин В.А. Прогнозирование остаточного ресурса рельсов // Путь и путевое хозяйство. – 2010. – № 5; - с.15 – 17.
12. Sussman T., Ebersöhn W., Selig E. Fundamental nonlinear track load-deflection behavior for condition evaluation //Transportation research record: journal of the transportation research board. – 2001. – №. 1742. – p. 61-67.
13. Sadeghi J., Barati P. Evaluation of conventional methods in Analysis and Design of Railway Track System //International Journal of Civil Engineering. – 2010. – V. 8. – №. 1. – p. 44-55.

14. Хенрик Балух. Диагностика верхнего строения пути/ перевод с польского И.В. Шварца. Под редакцией М.Ф. Вериги. - М.: Транспорт. 1981.- 415с
15. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170.
16. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Информационная ситуация. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2010. - 12. - с.126-127
17. Цветков В.Я. Решение проблем с использованием системного анализа// Перспективы науки и образования- 2015. - №1. – с.50-55
18. Шатихин Л. Г. Структурные матрицы и их применение для исследования систем. – М.: Машиностроение, 1991 - 256с.
19. Гапанович В. А., Замышляев А. М., Шубинский И. Б. Некоторые вопросы управления ресурсами и рисками на железнодорожном транспорте на основе состояния эксплуатационной надежности и безопасности объектов и процессов (проект УРРАН) //Надежность. – 2011. – №. 1. – С. 2.
20. Гапанович В.А. Система УРРАН. Универсальный инструмент поддержки принятия решений. //Железнодорожный транспорт. - 2012.- №10.- с.16-22.
21. Розенберг И. Н., Замышляев А. М., Калинин С. В. Создание АС УРРАН //Железнодорожный транспорт. – 2012. – №. 10. – С. 41-44.
22. Гапанович В. А. Развитие и внедрение технологии УРРАН на железнодорожном транспорте //Надежность. – 2013. – №. 4. – С. 3-10.
23. Цветков В.Я. Основы теории предпочтений. -М.: Макс Пресс, 2004. - 48с.
24. Альмеев С.А. Внедрение системы УРРАН на полигоне Северной магистрали. // Железнодорожный транспорт; 2012,- №10. - с.29-33
25. Поляков А.А., Цветков В. Я. Информационные технологии в управлении. - М.: МГУ факультет государственного управления, 2007 - 138с.
26. Иванова Л. К. Экономическая безопасность предприятия //Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2013. – Т. 17. – №. 7 (60).
27. Гранатуров В. М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения. – М.: Дело и Сервис, 2002.
28. Акимов В. А., Быков А. А., Фалеев М. И. Нормативно-экономические модели управления риском //Проблемы анализа риска. – 2004. – Т. 1. – №. 2. – С. 125-137.
29. Розенберг Е.Н., Рачковский М.Ю., Никифорова М.С. Экономические критерии принятия решений. // Железнодорожный транспорт- 2012,- №10,- с.34-36.
30. Акопян А.Г., Михалкин И.К., Симаков О.Б. Система УРРАН в путевом хозяйстве. // Железнодорожный транспорт. - 2012,- №10.- С.45-48
31. Методика расчета, оценки и прогноза предотказного состояния рельсовой колеи, Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» 2014г.
32. Аникина Г.А., Поляков М.Г., Романов Л.Н., Цветков В.Я. О выделении контура изображения с помощью линейных обучаемых моделей. // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. -1980. - №6. - с.36-43

УДК: 625. 3

## ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИКА

**Булгаков С.В.**

к.т.н., доцент, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), E-mail: bul@bk.ru, Москва, Россия

**Аннотация.**

Статья исследует новое направление в логистике – интегрированную логистику. Интегрированную логистику можно рассматривать как комплекс, объединяющий интермодальные перевозки, интернет технологии и цифровую логистику. Интегрированная логистика объединяет логистику информационных и материальных потоков. основой интегрированной логистики является цифровая логистика. Интегрированная логистика использует методы геоинформатики и пространственной экономики. Интегрированная логистика имеет свой рынок, который по прогнозам в 2019 году превысит 10 млрд. дол.

**Ключевые слова:**

транспорт, логистика, материальные потоки, информационные потоки, интегрированная логистика, цифровая логистика

## INTEGRATED LOGISTICS

**Bulgakov S. V.**

PhD, Assoc.Professor, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: bul@bk.ru, Moscow, Russia

**Annotation.**

The article explores a new direction in logistics - integrated logistics. Integrated logistics is a complex that combines intermodal transport, Internet technology and digital logistics. Integrated logistics combines the logistics of information and material flows. Digital logistics is the main part of integrated logistics. Integrated logistics uses methods of geoinformatics and spatial economics. Integrated logistics has its own market, which is projected to exceed 10 billion d. In 2019.

**Keywords:**

transport, logistics, material flows, information flows, integrated logistics, digital logistics

### Введение

Одной из стратегических задач развития РЖД [1] является переход на цифровые методы контроля, проектирования и эксплуатации железных дорог (распоряжение открытого акционерного общества (ОАО) «Российские железные дороги» № 2511 от 03.12.2010 г.).

Эта задача касается и логистики. В настоящее время прикладные и фундаментальные исследования формируют логистические операции и стратегии. В широком смысле логистика [2-4] включает логистику материальных [5, 6] и информационных [7-9] потоков. Существует понятие информационная логистика [10], и существует понятие сервисная логистика [11]. Происходит интеграция этих направлений, которая отражает общие тенденции интеграции в науке и технике. Эта интеграция и приводит к появлению интегрированной логистики как нового феномена. Потенциал коммуникации и сотрудничества в Интернете – пример интеграции логистики и одна из основ совершенствования логистических операций и стратегий. Технология Интернет вещей [12] – один из примеров интеграции. Новая парадигма интеграции в логистике поможет сэкономить миллионы долларов операционных издержек,

добиться лучшей интеграции цепочки поставок и увеличить рыночную власть за счет удовлетворения потребностей клиентов. Интернет помогает в огромном увеличении скорости поставок и сокращения затрат путем обмена информацией и синхронизации логистики среди всех партнеров в цепочке поставок.

Доминирующим направлением в интегрированной логистике является цифровая логистика [13]. Она использует множество веб-приложений для бизнес-логистики для совместной работы и оптимизации и централизованной информационной системы логистики для обеспечения видимости вокруг предприятия и расширенной цепочки поставок. Интегрированная логистика является порождением экономики в реальном времени [14]. В сфере транспорта и логистики процессы реального времени являются повсеместными и гиперсвязанными. Важным фактором экономики в реальном времени является мобильность. Это касается всех отраслей промышленности, а также в области транспорта и логистики, а также опыт работы с клиентами и участие в высоких приоритетах.

### **Содержание интегрированной логистики**

Рынок интегрированной логистики в основном определяется цифровой логистикой, которая де-факто часто является не цифровой а интегрированной. Рынок цифровой логистики оценивается величиной 12,96 млрд. долларов [15]. Одна из особенностей интегрированной и цифровой логистики в том, что она основана на анализе данных и оцифрованной информации по всей цепочке поставок. Вторая особенность интегрированной логистики переход на работу в реальном времени. Во все большей степени экономия скорости и времени в режиме реального времени являются ключевыми. Скорость и время создают конкурентное преимущество. Это повышает значение операций в режиме реального времени. Логистика происходит всегда в реальном времени. Поэтому повышается значение операций тактического управления в режиме реального времени. Наиболее важными областями цифровой логистики являются:

- Распространение: улучшенные, современные процессы выполнения процессов и технология управления складом в режиме реального времени (WMS - warehouse management system) [16].
- Транспортировка: автоматическое наращивание нагрузки, оптимизация движения входящих и исходящих грузов, а также эффективное управление перевозчиками [17]

Цифровая логистика обеспечивает наличие сквозной видимости в запасах, заказах и отгрузках по всей цепочке поставок. Это снижает уровень инвентаризации в масштабах сети, максимизирует удовлетворенность клиентов и динамично реагирует на логистические события. Для содействия принятию решений в логистической кампании обычно существует центральный центр управления и контроля. Таким образом, система становится очень эффективной. Повышенная видимость показателей производительности, которая помогает в постоянном улучшении. Вся информация доступна в Интернете и позволяет людям фильтровать информацию и получать исчерпывающие знания о проблемах, если таковые имеются.

Одним из важных факторов перехода к интегрированной логистике является необходимость гибкости для интеграции с более новыми системами для передачи информации, синхронизации действий и совместной работы между процессами. Цифровые приложения основаны на центральном хранилище всей логистической информации. Заинтересованные стороны могут просматривать информацию, добавлять или изменять детали.

Интегрированная и цифровая логистика тесно связаны с цифровым бизнесом. Одной из базовых моделей в интегрированной логистике является модель, 7Rs бизнес-логистики (рис.1)

[15]. Для упрощения слово «правильное» исключено.



Рисунок 1. Модель 7Rs логистики

Модель 7Rs называется потому, что каждой из семи компонент модели (рис.1) добавляется слово Right (правильный). В силу этого модель интерпретируется следующим образом.

1. Правильный продукт (Right Product). Компания, предлагающая такую услугу, должна сначала знать, какие продукты они будут обрабатывать и транспортировать. Наличие правильных знаний даст вам преимущество для правильного и эффективного управления вашим временем и ресурсами.

2. Правильный клиент (Right Customer). Каждый поставщик логистической компании должен знать свой целевой рынок для определения правильных клиентов. Если они будут предлагать свои услуги на нужном рынке, у них больше шансов получить потенциальных клиентов и клиентов, которые, скорее всего, будут им пользоваться. Некоторые используют традиционный маркетинг, в то время как другие используют цифровой маркетинг, чтобы привлечь больше клиентов по всему миру.

3. Правильное время (Right Time). Время очень важно, когда дело доходит до логистики, клиенты больше заботятся о времени доставки. Вот почему каждый поставщик услуг должен знать подходящее время для доставки продуктов и очень эффективным способом. Каждая система имеет функцию отслеживания для отслеживания всех поставок и обеспечения своевременности их доставки.

4. Правильное место (Right Place). Правильный продукт должен быть доставлен в нужное место. Курьерские услуги, предоставляемые компанией, должны обладать знающими драйверами, а также систематической системой доставки и отслеживанием. Как клиент, так и поставщик должны иметь синхронизированное отслеживание местоположения, чтобы обеспечить доставку продуктов в нужное место.

5. Правильное условие (Right Condition). Каждый продукт или товары, которые должны быть доверены клиентам поставщикам логистической компании, должны храниться и

поставляться с нужным условием. Здесь должны быть указаны спецификации, чтобы разместить его на требуемых объектах для поддержания его качества.

6. Правильное количество (Right Quantity). Знание и определение правильного количества также является одним из ключевых в успешной логистической кампании. Поскольку большинство поставщиков являются сторонними компаниями, компании, которые полагаются на их обслуживание, должны быть осторожны при отправке правильной суммы или количества товаров, которые должны быть доставлены. Благодаря нашим современным технологическим разработкам, теперь 3PL могут управлять всем количеством товаров для доставки / доставки

7. Правильная цена (Right Price). Ценообразование очень важно и все продукты и услуги. Они должны иметь соответствующую цену, чтобы отслеживать доходы и расходы компании. Хорошая система для хранения и обновления правильных цен обеспечивает успех в логистической кампании.

Модель 7 Rs бизнес-логистики показывает, какую важную роль играют правильные данные в нужное время, место и т. Следует отметить, что компоненты: «место», «время», «тема» являются основой в геоинформатике [18, 19] и основой интеграции геоданных [20- 22]. Из этого следует, что для цифровой логистики важно применение методов геоинформатики и геоданных [23-26]. Геоданные являются системным информационным ресурсом [27]. Следовательно, их применение дает возможность системного управления информационными ресурсами и цифровой логистикой

При каждой обработке грузов, доставки грузов и любой другой операции товаров происходят информационные процессы, обрабатывают информационные потоки и осуществляют информационные взаимодействия. Можно констатировать, что цифровые и физические процессы гиперсвязаны на всех уровнях, включая активные цепочки поставок.

#### **Информационные модели как основа интегрированной и цифровой логистики**

Внедрение новаторских исследований, таких как интеллектуальный анализ данных [28], моделирование данных [29. 30], цифровое моделирование [31, 32], ситуационное управление [33], интеллектуальное управление [34], пространственный анализ данных [35] - используется в логистике наряду с цифровыми ноу-хау для совершенствования технологий и процессов. Специалисты изучают предыдущие данные и приходят к выводам о стратегиях. Например, данные по отгрузке пикового сезона в прошлом году могут помочь в формировании данных за этот год. В логистике ключевую роль играют управление информацией, данными, аналитикой и когнитивной видимостью.

В логистике можно выделить два подхода: локальный и глобальным. Локальный подход имеет территориально ограниченное приложение внутри предприятия или на небольших территориальных участках без привязки к глобальным координатным системам [36]. Его преимущество в оперативности. Глобальный подход в логистике [37] опирается на глобальную координатную систему, в силу чего использует не локальные координаты, а геоданные связанные с внешней координатной системой. Его преимущество в точности и возможности глубокого анализа. Ярким примером глобального подхода является применение глобальных навигационных спутниковых систем.

Система GPS отслеживает все. Подвижный объект можно отслеживать в реальном времени в любой точки мира. Небольшая задержка в пути посылки немедленно известна всем заинтересованным лицам. И если есть необходимость в перенаправлении, это можно сделать оперативно. С появлением цифровой логистики [13, 38] стало очень легко устранить потерю

пакетов, неправильные поставки доставки и сбои доставки пакетов. Погодные условия прогнозируются, и поставки запланированы соответственно. С момента, когда элемент будет выбран со склада, а затем он достигнет места назначения, весь путь отображается в цифровом виде.

Как и во многих сценариях реальной жизни в связанном и глобализированном мире, есть много сторон, участвующих в получении продукта, а также анализа пути его появления. Этот путь начинается от места изготовления, места производства и конечного пункта назначения.

Чем дольше время ожидания для этих мест, тем больше требуется времени, ресурсов, денег и иногда репутации. Очевидно, что эти задержки не обязательно влияют на конечный результат. Есть еще что-то, что называется складированием, а управление запасами и управление цепочками поставок намного сложнее, чем показано здесь. В интегрированной логистике все процессы в цепочке поставок (от приема товара до его отправки в первоначальной форме и форме или как часть другого товара в конце производственного процесса) моделируются в виде сетевой модели, которую называют транспортно-логистической моделью. Логистические системы можно также рассматривать как сложные организационно-технические системы [39]. Расширение скоростных режимов движения и рост объемов перевозок повышают требования к информационным логистическим моделям. Это ставит задачу по развитию и усложнению.

#### **Заключение.**

Потребности конечных потребителей в интегрированной логистике велики. Она включает интермодальные перевозки. Возможности интегрированной логистики позволяют увеличивать скорости цепочки поставок, увеличивать скорости информационных потоков. Интегрированная логистика играет жизненно важную роль в определении будущего рынка цифровой логистики. Появление систем глобального отслеживания и космического мониторинга создают новое качество в логистике.

Интегрированная логистика основана на применении информационных интегрированных систем и технологий, систем электронного обмена данными, интегрированных систем управления базами данных. Различные поставщики логистических решений разрабатывают свои продукты для удовлетворения индивидуальных потребностей клиентов. В настоящее время на рынке доступны различные продукты на основе облачных технологий для управления складскими, транспортными и рабочими требованиями. Основными игроками на этом рынке являются Advantech, DigiLogistics, Hexaware, IBM, JDA Software, Oracle, SAP, Tech Mahindra, UTI Worldwide.

Например, Markets and Markets сегментировал глобальный рынок цифровой логистики по типу сегментам: системы отслеживания и мониторинга, интегрированные информационные системы, системы электронного обмена данными, системы управления базами данных, системы управления автопарком и системы управления заказами.

По услугам выделяют следующие сегменты: консалтинговые услуги, услуги системной интеграции и другие услуги; по приложениям: управление складом, управление трудовыми ресурсами и управление транспортом;

По потребностям управления сегментируют рынок логистики следующим образом: автомобильная, государственная, оборонная и аэрокосмическая, здравоохранение и наука о жизни, телекоммуникации и ИТ, промышленная, машиностроительная и производственная, розничная, химическая, нефтегазовая и другие;

Основными движущими силами рынка логистики являются сокращение затрат и экономия

времени, появление цифровых технологий, расширение использования приложений и данных с большим объемом данных и улучшение качества обслуживания. Кроме того, технологическое продвижение облачных технологий, растущая электронная коммерция и глобализация привели к появлению новых бизнес-сценариев на этом рынке. Поставщики интегрированной логистики на этом развивающемся рынке, создают настраиваемые логистические приложения, которые облегчат быструю адаптацию клиентов.

### Список литературы

1. Розенберг И. Н. О единой транспортной политике в сфере железнодорожного транспорта // Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.244-250.
2. Бауэрсокс Д. Д., Клосс Д. Д. Логистика. Интегрированная цепь поставок. – Олимп-Бизнес, 2010.
3. Christopher M. Logistics & supply chain management. – Pearson UK, 2016.
4. Michigan State University. Global Logistics Research Team, Council of Logistics Management (US). World class logistics: the challenge of managing continuous change. – Council of Logistics Management, 1995.
5. Палагин Ю. И. Логистика—планирование и управление материальными потоками. – СПб.: Политехника, 2012. - 286 с.: - ISBN 978-5-7325-0920-5.
6. Хазанова Л. Э. Логистика. Методы и модели управления материальными потоками - М.: БЕК, 2003. -113с.
7. Цветков В.Я. Логистика информационных потоков в распределенных системах // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.34-44.
8. Еременко В. Т., Офицеров А. И. Методы управления информационными потоками в сетях передачи данных на основе резервирования ресурсов //Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2009. – №. 11. – С. 340-346.
9. Родкина Т. А. Управление информационными потоками в многозвенных производственно-хозяйственных комплексах (концепция, методология, реализация) Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук - Москва. – 2001.
10. Майоров А.А., Цветков В.Я. Информационная логистика // Славянский форум. - 2012. – 2 (2). - с.208-211.
11. Шеховцов Р. В. Сервисная логистика //Ростов-на-Дону: Изд-во АПСН СКНЦ ВШ. – 2003. -240с.
12. Дешко И.П., Кряженков К.Г., Цветков В.Я. Устройства, модели и архитектуры Интернета вещей: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 88 с. ISBN 978-5-317-05579-0.
13. Лёвин Б. А., Ефимова О. В. Цифровая логистика и электронный обмен данными в грузовых перевозках //Мир транспорта. – 2017. – Т. 15. – №. 2. – С. 142-149.
14. Маркелов В.М. Логистика и пространственная экономика // Славянский форум. - 2013. - 1(3). - с.91-95.
15. <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/digital-logistics.asp> data view 12.05.2018.
16. <https://www.lateshipment.com/blog/warehouse-management-the-dos-and-donts/> data view 12.05.2018.
17. <https://www.lateshipment.com/blog/what-is-digital-logistics/> data view 12.05.2018.
18. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Геоинформатика. - М.: МаксПресс, 2001. -349с.

19. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. - 2013. - № 11. – с.2-7.
20. Кудж А.С. Сбор и измерение геоданных в науках о Земле// Славянский форум. - 2013. – 2(4). - с.135-139.
21. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - с.50-51.
22. Markelov V.M. Application Geodata in Logistics // European Researcher. Series. A. 2012, Vol.(33), № 11-1. -pp1835-1837.
23. Майоров А.А., Цветков В.Я., Маркелов В.М. Геоинформационный подход в логистике // Геодезия и аэрофотосъемка, - 2012.- №6. - с. 93-97.
24. Маркелов В.М. Особенности применения геоинформатики в логистике // Науки о Земле. 2012. № 01. С. 62-65.
25. Маркелов В. М. Геоинформатика и логистика. - LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrcken, Germany, 2015. -177с. ISBN: 978-3-659-71608-9.
26. Коваленко Н.И. Интеграция геоинформатики и логистики // Перспективы науки и образования- 2014. - №6. – с.26-30.
27. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук, 2014, том 84, № 9, с. 826–829.
28. Hand D. J. Principles of data mining //Drug safety. – 2007. – Т. 30. – №. 7. – С. 621-622.
29. Астафьев А.В. Анализ применения информационных моделей в материально-техническом обеспечении // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 5 . – с. 7-10.
30. Коваленко Н.И. Применение информационных моделей в логистике // Славянский форум. -2015. - 1(7) - с.70-76
31. Цветков В. Я., Маркелов В. М. Применение цифровых моделей в логистике //Геодезия и картография. – 2013. – №. 7. – С. 59-62
32. Рувинов И. Р. Применение цифровых моделей в материально техническом обеспечении //Науки о Земле. – 2013. – №. 1. – С. 018-023.
33. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170
34. Цветков В.Я. Интеллектуализация транспортной логистики // Железнодорожный транспорт. - 2011. - № 4. – с. 38 -40.
35. Булгаков С.В., Цветков В.Я. Пространственный анализ: Монография. – Москва: МАКС Пресс, 2018. – 216с. ISBN 978-5-317-05841-8.
36. Бережной В. И., Бережная Е. В. Методы и модели управления материальными потоками микрологистической системы автопредприятия. – 1996.
37. Gourdin K. Global logistics management: a competitive advantage for the 21st century. – Wiley-Blackwell, 2006.
38. Vuxbaum P. A. Digital Logistics–Value Creation in the Freight Transport Industry //Eyefortransport Conference. – 2001. – С. 16-18
39. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система / Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.69-79.

УДК: 528.02; 528.06

## ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Ознамец В. В.** к.т.н., профессор, зав. кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),  
E-mail: voznam@bk.ru, Москва, Россия

**Аннотация.** Статья анализирует геодезическое обеспечение цифровой железной дороги. Описаны особенности цифровой железной дороги, которые влияют на геодезическое обеспечение и требуют специального геодезического обеспечения. Дана классификация видов геодезического обеспечения цифровой железной дороги. Выделена важность геодезических сетей как основы единой координатной среды. дана краткая классификация сетей, при меняемых в геодезическом обеспечении цифровой железной дороги. Отмечено наличие специальной сети, необходимой для функционирования цифровой железной дороги. Это сеть радиорелейных станций. Сеть радиорелейных станций выполняет коммуникационные и измерительные функции. она вложена в реперную или каркасную сеть и находится в единой координатной среде с трассой цифровой железной дороги. Показана необходимость геомониторинга для контроля функционирования цифровой железной дороги.

**Ключевые слова:** транспорт, геодезическое обеспечение, геодезические сети, радиорелейные сети, мониторинг, цифровая железная дорога

## GEODETIC SUPPORT OF THE DIGITAL RAILWAY

**Oznamets V.V.** PhD, Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: voznam@bk.ru, Moscow, Russia

**Annotation.** The article analyzes the geodetic support of the digital railway. Features of the digital railway, which affect geodetic support and require special geodetic support, are described. Classification of types of geodetic support of the digital railway is given. The importance of geodetic networks as the basis of a single coordinate environment is singled out. a brief classification of the networks used in the geodetic support of the digital railway is given. There is a special network. necessary for the operation of the digital railway. This is a network of microwave stations. The network of radio relay stations performs communication and measurement functions. it is embedded in the reference or wireframe network and is located in a single coordinate environment with the digital railway track. Demonstrated the need for geomonitoring to monitor the operation of the digital railway.

**Keywords:** transport, geodetic support, geodetic networks, microwave relay networks, monitoring, digital railway

### Введение.

Цифровые технологии проникают во многие направления и отрасли, включая бизнес и транспорт. Цифровая железная дорога как феномен является одним из направлений развития

цифровых технологий. Цифровая железная дорога (далее – ЦЖД) как технология возникла как эволюция транспорта и ответ на возрастающие проблемы в перевозках. Выделяют ряд цифровых технологий: цифрового транспорта [1], цифровой логистики [2], цифровой коммуникации [3], цифрового бизнеса [4, 5].

Как феномен цифровая железная дорога представляет собой сложную техническую систему, включающую сложные технологические системы [6], сложные коммуникационные системы, сложные технические системы [7], распределенные системы вычислительной обработки, навигационные системы [8] и другие системы. Поэтому с системных позиций можно характеризовать ЦЖД как сложную технико-технологическую систему. Особенностью ЦЖД является то, что она работает в реальном пространстве и требует для эксплуатации различные виды пространственной и временной информации. Для обеспечения пространственной информацией требуется геодезическое обеспечение. Геодезическое обеспечение в узком смысле направлено на получение и предоставление пользователю пространственных данных. Геодезическое обеспечение в широком смысле направлено на получение научных результатов, разработку новых технологий измерений, решение прикладных задач и развитие цифровых методов.

#### **Принципы функционирования ЦЖД.**

В ряде работ ЦЖД ошибочно называют моделью. ЦЖД это сложная технико-технологическая система, а система управления ЦЖД может быть рассмотрена также, как сложная организационно-техническая система [9]. Сводить сложную систему к простой модели некорректно. Основная модель функционирования ЦЖД называется «конверт» [3]. Движение на ЦЖД является безсветофорным. Управление движением осуществляется на основе внутренней информации, которую получают в специальном информационно-измерительном поле. Создание информационно-измерительного поля является обязательным условием функционирования ЦЖД.

Использовании внутренней информационно-управляющей системы является основой управления ЦЖД. В настоящее время даже для обычных вычислений в информационных и вычислительных системах в соответствии международным стандартом ISO/IEC 9126-1. 2001 и отечественным стандартом ГОСТ 28195–89 качество обработки и функционирования зависит от привязки алгоритмов обработки к технологиям и специальной организации данных. Для ЦЖД нужны пространственные данные. Поэтому организация данных для ЦЖД является обязательным компонентом, обеспечивающим ее эффективность. Организация пространственных данных возможна с применением только геодезического обеспечения.

Виды ЦЖД качественно отличаются для больших и малых стран. Для стран с большой территорией необходимо использовать геоцентрические и местные координаты. Поэтому координатные преобразования из одной зоны в другую являются необходимым условием точного позиционирования транспортного средства. В ряде работ о ЦЖД применительно к российским условиям упускают важный фактор - координатные преобразования. Для небольших стран эта проблема отсутствуют.

Цифровая коммуникация в ЦЖД связана с позиционированием измерением и управлением [10]. Она также является обязательной для ЦЖД. Цифровая коммуникация в ЦЖД создает возможность радио позиционирования в дополнении к видео наблюдению в обычном транспорте. Цифровая железная дорога требует информационного управления [11, 12]. ЦЖД является пространственным объектом, поэтому требует применения геоинформационных

технологий для управления. ЦЖД требует применения технологий ДЗ для позиционирования. ЦЖД требует комплексного пространственного мониторинга [13] для контроля и управления. Для управления ЦЖД применяют технологические элементы интеллектуального управления.

Дополнительно к решению задач управления цифровая коммуникация решает задачи информационной безопасности. В частности, она контролирует неумышленные ошибки человека и ведет наблюдение за внешними угрозами. Для эффективной политики информационной безопасности используют транспортные кибер-физические системы [14] как системы выявления и отражения внешних и внутренних угроз.

#### **Геодезическое обеспечение как система поддержки.**

Геодезическое обеспечение ЦЖД можно разделить на общее, базисное, мобильное, инфраструктурное. Мобильное обеспечение использует технологии мобильной коммуникации и мобильных измерений [10]. Инфраструктурное геодезическое обеспечение включает обеспечение установки и контроля объектов инфраструктуры [13].

Общее геодезическое обеспечение (ГО) включает: изучение природных условий района ЦЖД; изыскания по установке защитных сооружений и обеспечения безопасности населения; прогноз взаимодействия объектов ЦЖД с окружающей средой; изыскания по прокладке трассы ЦЖД. Целью изысканий и всего ГО определить пространственное положение пути для ЦЖД. Основные элементы пути план и продольный профиль. В ходе изысканий проводят камеральное и полевое трассирование.

Базисное ГО включает создание геодезической основы. Геодезической основой для ЦЖД служат опорные геодезические сети и точки съёмочной сети и реперные сети. Геодезическая сеть представляет собой совокупность прочно закреплённых на поверхности земли точек, называемых пунктами, положение которых определено в плане и по высоте.

Опорная геодезическая сеть [15] представляет собой систему определённым образом выбранных и закреплённых на местности точек, служащих опорными пунктами при дальнейшей топографической съёмке и геодезических измерениях на местности. Государственная геодезическая сеть является основной опорной сетью. Геодезические сети устанавливают единую систему координат на территории всей страны [16].

Геодезические сети строятся по принципу от общего к частному. Это означает, что сначала развивается редкая, но точная сеть, которая впоследствии сгущается необходимым количеством пунктов, установленных с меньшей точностью. Такой процесс сгущения повторяется многократно. Опорные геодезические сети закрепляют координатную основу пути ЦЖД на поверхности Земли.

Существуют сети специального назначения. Геодезические сети специального назначения создаются в тех случаях, когда дальнейшее сгущение пунктов государственной сети не целесообразно или когда требуется особо высокая точность геодезической сети. Сети специального назначения создаются в единых государственных системах координат или в установленном порядке в местных системах координат.

В мировой практике существуют две системы поддержки и контроля геометрии железных дорог:

1. Европейская система основана на реперных системах, призванных поддерживать проектную геометрию железных дорог.

2. Безреперная, при которой проектной геометрии фактически не существует. Это приводит к появлению длинных неровностей, быстрому износу элементов пути и подвижного состава,

особенно при повышенных до 100 и более км в час скоростях движения

Европейская система требует наличия геодезических подразделений в службах дорог, систематических наблюдений за состоянием пути и реперами. Она дороже безреперной, но более надежна и способствует ресурсосбережению. В России создание сплошных реперных систем по экономическим соображениям не практикуется. Однако при создании ЦЖД такие системы необходимы.

Реперные сети [17, 18] относят к геодезическим сетям специального назначения, развиваемым согласно руководствам и техническим требованиям, Министерства путей сообщения Российской Федерации. Реперные сети по отдельным направлениям должны уравниваться как свободные, чтобы не вносить дополнительных искажений в результаты измерений. Вместе с тем, они должны быть привязаны к пунктам государственной геодезической сети в принятой на данную эпоху системе координат. Это упрощает объединение разных реперных систем в единую координатную систему

В соответствии с Техническими требованиями [19], реперная система включает каркасную геодезическую сеть (КГС) и рабочую сеть (РС). Каркасная сеть может развиваться прокладкой традиционных полигонометрических ходов методом электронной тахеометрии, или с применением спутниковых технологий. В обоих случаях целесообразно создать вдоль пути ЦЖД сеть референсных пунктов спутниковой сети, расположенных через 30 – 50 км друг от друга. Они служат основой для каркасной сети

Геодезическое обеспечение создания ЦЖД включает создание местных сетей сгущения. Геодезические местные сети сгущения являются дальнейшим развитием государственной геодезической сети. Они создаются в городах, на территории населенных пунктов, крупных промышленных предприятий и при создании ЦЖД. Геодезические местные сети сгущения делятся на аналитические и полигонометрические сети. Аналитические сети строятся в виде сплошной сети триангуляции или ряда треугольников, а также в виде отдельных пунктов, полученных засечками

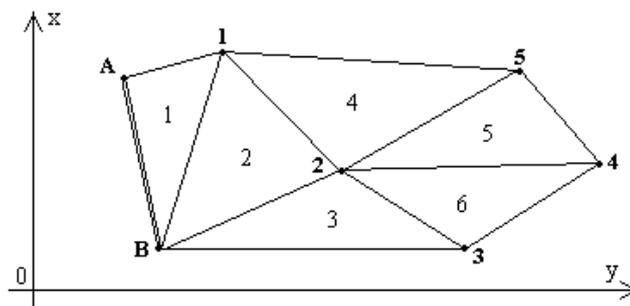


Рисунок 1. Геодезическая сеть сгущения

При значительных размерах территории, на которой должна быть создана опорная геодезическая сеть, прокладываются взаимно пересекающиеся полигонометрические ходы, образующие полигонометрическую сеть (рис.2).

Рассмотренное геодезическое обеспечение можно назвать внешним поскольку оно служит средством анализа ситуации в которой находится транспортный объект. Внутреннее геодезическое обеспечение связано с измерениями метрического состояния подвижного объекта безотносительно к внешней ситуации. В настоящее время наиболее перспективным

средство решения этой задачи являются транспортные кибер-физические системы [14].

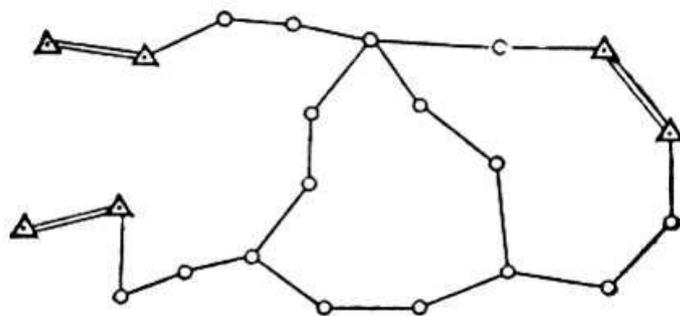


Рисунок 2. Полигонометрическая сеть

Принципиальным отличием ГО ЦЖД от обычной ЖД является создание сети радиорелейных линий и последующее ее позиционирование. Установка радиорелейной сети в первую очередь определяется наилучшими условиями радиосвязи и обеспечение прозрачности радиосвязи. Сеть радиорелейных станций позиционируется в последующем с помощью каркасной или реперной сети. На местности для эксплуатации ЦЖД существуют две сети радиорелейная и опорная (рис.3). Расчеты в автономных блоках ЦЖД осуществляются по радиорелейным станциям. В силу этого их позиционирование должно выполняться с повышенной точностью.

Сеть радиорелейных станций вложена в реперную сеть. Это решает задачу позиционирования радиорелейных станций на этапе создания ЦЖД и последующий их контроль на этапе эксплуатации ЦЖД.

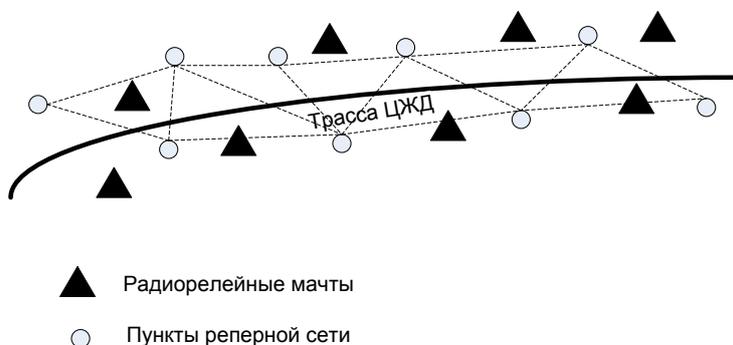


Рисунок 3. Сеть радиорелейных станций, вложенная в каркасную сеть

Дополнительно каркасная или реперная сеть служит основой при строительстве ЦЖД, при выносе ее проекта в натуру.

По окончании строительства ЦЖД в период ее эксплуатации возникает задача периодического контроля за состоянием трассы ЦЖД и инфраструктурой. Эту задачу также решает геодезическое обеспечение. Основой решения задачи является геомониторинг [20]. Он включает наземный и космический мониторинг. Такой мониторинг выполняется в рамках геодезического обеспечения и является частью общего геодезического обеспечения ЦЖД

#### **Заключение.**

Геодезическое обеспечение в управлении и развитии ЦЖД играет вспомогательную роль.

Поэтому система геодезического обеспечения ЦЖД может быть рассмотрена как подсистема поддержки системы управления ЦЖД. Разнообразие видов геодезического обеспечения ЦЖД требует интеграции и выбора интегрированной основы. Интегрированной основой геодезического обеспечения на ЖД являются геоданные. Интеграция управления и моделирования основана на широком применении цифровых моделей и цифрового моделирования. Причем это цифровое моделирование относится ко всем компонентам, включая цифровую радиорелейную связь.

### Список литературы

1. Keck W. H., Emberson D. A. Posting status data in digital transport stream processing : пат. 7817721 США. – 2010.
2. <http://www2.advantech.ru/digital-logistics/> data view 14. 05.2018.
3. Sneps-Snepp M. et al. Digital Railway and the transition from the GSM-R network to the LTE-R and 5G-R-whether it takes place? //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – V. 5. – №. 1. – p. 71-80.
4. Ознамец В.В., Цветков В.Я. Бизнес геодезия: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 112с. ISBN 978-5-317-05825-8
5. Brousseau E., Pénard T. The economics of digital business models: A framework for analyzing the economics of platforms //Review of network Economics. – 2007. – V. 6. – №. 2. – p.81-114.
6. Буравцев А.В. Сложные технологические системы // Славянский форум. - 2017. -3(17). – с.14-19.
7. Цветков В.Я. Сложные технические системы // Образовательные ресурсы и технологии – 2017. -3 (20). – с.86-92.
8. Розенберг И. Н., Цветков В. Я., Романов И. А. Управление железной дорогой на основе спутниковых технологий // Государственный советник. – 2013. - №4. – с43-50.
9. Буравцев А.В. Функционирование сложной организационно-технической системы в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -3(3). – с.48-58
10. Дзюба Ю. В., Охотников А. Л. Мобильное управление подвижными объектами // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.16-25.
11. Цветков В.Я. Информационное управление. - LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany 2012 -201с
12. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.11-24.
13. Лёвин Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.14-21.
14. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом // Мир транспорта. - 2018. Т. 16. № 2 (75). - С. 138-145/
15. Хаимов З. С. Основы высшей геодезии -М.: Недра. – 1984. – 360с.
16. Шайтура С. В. Проблемы координатного обеспечения цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.62-68/
17. Корженевич И. П. Специальная реперная система для контроля положения пути в плане //Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2008. – №. 25. – с16.23.

18. Алеев А. М. и др. Оптико-электронная система контроля положения железнодорожного пути относительно реперных меток //Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – №. 9.

19. Щербаков В. В., Жидов В. М., Макушинская М. В. Специальная реперная железнодорожная система //Геодезия и картография. – 2010. – №. 12. – С. 12-16.

20. Ознамец В.В., Цветков В.Я. Геомониторинг: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 112 с. ISBN 978-5-317-05771-8

УДК: 517.977.1

## **УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ**

- Дзуба Ю.В.** Руководитель Центра стратегического анализа и развития, АО НИИАС, E-mail: u.dzuba@vniias.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья анализирует управление транспортом на основе метода прецедентов. Показано различие между моделью прецедента в искусственном интеллекте и моделью прецедента в технологическом управлении. Статья доказывает сходство прецедента со стереотипом, информационной ситуацией и паттерном. Статья доказывает, что метод прецедентного управления на транспорте применим при наличии базы прецедентов, то есть накопленного опыта. Показано различие между прецедентным управлением и нормативным управлением. Отмечено основное преимущество метода прецедентов – существенное сокращение времени управленческих решений.
- Ключевые слова:** транспорт, управление, стереотипное управление, поддержка принятия решений, прецедент

## **TRANSPORT MANAGEMENT BASED ON THE USE CASE METHOD**

- Dzuba Yu.V.** Head of Strategic analysis and development center, JSC "NIIAS", E-mail: u.dzuba@vniias.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article analyzes the management of transport on the basis of the precedent method. The article shows the difference between the precedent model in artificial intelligence and the precedent model in technological management. The article proves the similarity of the precedent to the stereotype, information situation and pattern. The article proves that the method of case management in transport is applicable in the presence of a base of precedents, that is, the accumulated experience. The difference between case management and normative management is shown. The main advantage of the precedent method is a significant reduction in the time of management decisions.
- Keywords:** transport, management, stereotyped management, decision support, precedent

### **Введение.**

Современные системы управления транспортом включают исполнительные системы и системы поддержки [1-3]. Системы поддержки не готовят окончательное решение, а предлагают набор вариантов решений, либо материалы для формирования решений. Исследования по развитию систем поддержки принятия решений связаны с проблемой моделирования правдоподобных рассуждений, или называемых в технологиях искусственного

интеллекта, рассуждений «здравого смысла» [4]. Эти методы моделирования включают: индуктивный, дедуктивный и абдуктивный - вывод; нечеткие логики, методы аналогий и методы прецедентов. В последнее время стали активно применяться технологии поддержки принятия решений на основе метода прецедентов [5-7]. Данные методы эффективны в сложных ситуациях, при обработке и анализе больших данных [8], а также для поиска решения в проблемных ситуациях, а также для поддержки интеллектуальных транспортных систем.

#### **Анализ понятия «прецедент»**

В теории искусственного интеллекта прецедентов может иметь разные реализации. Часто встречается реализация за счет применения искусственных нейронных сетей. Другой реализацией является использование динамической модели прецедентов с применением понятий: «Актер», «Процесс», «Прецедент», «роль» и др.

Актер представляет собой главную модель в этом подходе. Модель Актер описательная или дескриптивная, она связывает множество других моделей, которые называют «роль».

Модель «роль» является процессуальной [9]. Пользователи прецедентов используют эти модели при взаимодействии с прецедентами и между прецедентами. Реализация модели актера представляет собой результат моделирования от общего к частному. Актеры являются одной из важных составляющих технологий управления.

Модель «процесс» описывает последовательность действий, необходимых для достижения цели. Модель «процесс» также является процессуальной. Различие между ролью и процессом в том, что модель «роль» выполняет функции интерфейса и описывает взаимодействие. Модель процесс описывает последовательность необходимых действий или логическую цепочку [10].

Главной моделью в этой теории, объединяющей другие модели, является модель прецедента. Поскольку это самая общая модель, то описание ее является достаточно общим. В силу этого его описание близко описанию онтологии. Как и онтология, модель прецедента (use case) специфицирует поведение системы и содержит описание множества действий и взаимодействий, выполняемых системой (управления) для того, чтобы пользователь прецедента мог получить определенный результат.

В теории искусственного интеллекта прецедент изображается в виде эллипса. С помощью прецедентов можно анализировать и прогнозировать поведение объекта управления. В теории искусственного интеллекта любой прецедент имеет имя, отличающее его от других прецедентов. При изображении прецедента указывают только его имя. Актеров связывают с прецедентами отношениями ассоциации.

Прецедент позволяет описывать, что делает объект управления в зависимости от внешних условий или от внешней ситуации, но не определяет, почему и как он это делает. Можно специфицировать поведение прецедента не только по параметрам ситуации, но и путем описания потоков информационных или материальных.

Как и онтологии, прецеденты имеют различные виды и иерархию между ними. Прецеденты высокого уровня (high-level use case) представляют собой описания процессов, состоящие из 2-3 семантических предложений. Такой тип удобно использовать на этапе формулирования требований к объекту управления. Прецеденты высокого уровня являются обобщениями и имеют слабое отношение к конкретным управленческим решениям.

Развернутые прецеденты (expanded use case) представляют собой более конкретное описание управленческих действий. Часто эти прецеденты имеют форму диалога между исполнителем, системой управления и объектом управления. Основной характеристикой этого

прецедента является наличие параметра "Типичный ход событий", в котором описывается последовательность событий. При управлении транспортом это соответствует штатному или нормативному поведению объекта управления.

Прецедент может описывать не одну, а множество логических цепочек, поскольку выразить все детали поведения объекта управления с помощью одной последовательности действий не всегда невозможно. Прецедент обычно описывает несколько последовательностей, которые называют сценарием. Сценарий представляет собой один из возможных вариантов потока событий. Сценарии относятся к прецедентами также, как объекты к классам. Сценарий - это экземпляр прецедента.

Процесс вывода на основе прецедентов включает четыре основных этапа, образующих логическую цепочку или цикл рассуждения на основе прецедентов или CBR-цикл [11]. Предшествует этой логической цепочке создание базы прецедентов или базы знаний, которая содержит библиотеку прецедентов. CBR-цикл предназначен для решения задачи. Поэтому возникновение задачи является основой для применения данной логической цепочки. Основными этапами CBR-цикла являются (рис. 1):

- извлечение наиболее адекватного прецедента для сложившейся ситуации или по условиям поставленной задачи из библиотеки прецедентов (БП);
- повторное использование извлеченного прецедента для решения текущей задачи;
- адаптация в случае необходимости полученного решения в соответствии с требованиями задачи;
- Получение решения и выдача его заказчику
- сохранение нового решения как части нового прецедента
- сохранение нового прецедента в базе знаний в библиотеке прецедентов.



Рисунок 1. Цикл рассуждения на основе использования прецедента

Недостатком данного подхода использования прецедента для практической поддержки принятия решений является его высокая «заформализованность» и ориентация на машинное, а не человеческое восприятие.

Второй вариант использования метода прецедентов имеет форму прецедентного принятия решений [12, 13]. Прецедент интерпретируют как устойчивое представление о чём-либо, что содержательно совпадает с интерпретацией прецедента. В функции представления объекта или ситуации прецедент содержательно соответствует модели, которая является упрощенной схемой описания объекта управления.

В литературе понятие «прецедент» связывают с Уолтером Липпманом, которое он применил в описании концепции общественного мнения в 1922 г [14]. По Липпману понятие прецедент — это принятый образец восприятия, и интерпретации внешних событий при распознавании и построении картины мира [15], основанный на зафиксированном опыте. Система прецедентов представляет собой зафиксированную на опыте реальность. Можно выделить следующие функции прецедента: типовое восприятие, типовая интерпретация информации, обобщение опыта путем формирования прецедента. В этом аспекте прецедент близок к понятию стандарт или образец. Различие в том, что стандарт — это документированная фиксация чего либо, которая вариативности не допускает. Типовое восприятие или типовая интерпретация допускают вариативность и модификацию, то есть не являются такими жесткими как стандарт.

Еще одним аналогом прецедента является паттерн [16, 17]. Однако паттерн является не вариативной сущностью и ближе к стандарту, чем прецедент. Прецедентом может быть паттерн, но прецедент более широкое понятие. Оба понятия могут описывать прецедент.

Совокупность методов применения и интерпретации, связанных с прецедентом определяет прецедентный подход. Прецедентный подход в широком смысле — это подход, при котором некий образец используют для: процессов принятия решений, упрощения сложных явлений, стандартизированной интерпретации информации

Обязательным условием применения стереотипного подхода как и метода прецедентов является наличие специальной базы данных — базы прецедентов. В области управления и информационных технологий используют аналоги прецедента. Основным аналогом прецедента — это паттерн. Объектно-ориентированное проектирование также включает использование прецедентов. Проектирование с использованием правила «by example» — представляет собой прецедентный подход. Управление с использованием принципа «by example» это часто информационное управление. В теории баз данных QBE-запросы (Query By Example) представляют собой реализацию прецедентного подхода. В теории моделирования отношение — “example of” или экзemplяцию используют для порождения элементов из множества [18].

Это также пример прецедентного подхода. Прецедентный подход широко используют живые системы, например колонии муравьев или рои пчел [19]. Использование таких прецедентов приводит к созданию мультиагентных систем. Можно констатировать, что несмотря на то, что понятие стереотип или прецедент в управлении используют редко, оба подхода используют, но под другими названиями.

Еще одним аналогом прецедента является модель информационной ситуации [20-23]. Модель информационной ситуации связана с информационным [24, 25] ситуационным управлением [26]. Модель информационной ситуации [20-23] представляет собой комплексную модель объекта управления и связанное с ним окружение. Такая модель целеориентирована и существенно упрощает поддержку принятия решений, поскольку отсеивает малозначимые факторы ситуации и оставляет существенные ключевые факторы, необходимые для целевого управления. Модель информационной ситуации дает возможность реализации особой формы управления — информационного ситуационного управления.

Следует отметить различие ситуационного управления в сфере искусственного интеллекта и ситуационного технологического управления в сфере транспорта. Ситуационное управление в искусственном интеллекте связано с семиотикой и с абстрактными моделями [27-29]. Ситуационное технологическое управление в сфере транспорта [25, 26] связано с реальной ситуацией, в которой находится объект управления. Ситуационное технологическое управление использует технологические управленческие модели, описывающие реальные условия и реальные ситуации.

Использование прецедентов широко применяется в юриспруденции. Выделяют два типа юридических моделей в разных странах: кодифицированная модель и модель на основе прецедентов. Кодифицированная модель (используется в России) основана на применении специальных документов, называемых кодексами. В таких документах делается попытка прописать все ситуации правонарушений и меры наказания за их возникновение. Модель метода прецедентов основана на поиске аналогичного случая в истории страны или человечества и вынесении аналогичного решения с учетом различий в ситуации и времени.

### Функциональность прецедентного управления

Базовыми положениями дальнейшего изложения являются следующие принципы.

- 1) Технологическое управление с использованием метода прецедентов отличается от управления методом прецедентов в искусственном интеллекте моделями и методами.
- 2) Прецедентом в технологическом управлении может быть прецедент, информационная ситуация, паттерн или иной объект базы данных, построенный на основе обобщения опыта.
- 3) Поддержке принятию решений и управлению предшествует информационная ситуация, в которой находится объект управления.
- 4) Необходимо разделять аналитическое управление и управление с использованием прецедентов или прецедентного управления.

При аналитическом управлении осуществляют анализ информационной или управленческой ситуации. При прецедентном управлении используют накопленный опыт по принятию решений, для поиска прецедентов, соответствующих данной ситуации. Аналитическое и прецедентное управление выполняются по общей схеме

Условие → решение

Детализация этой схемы различается для аналитического и прецедентного управления. При аналитическом управлении происходит анализ и декомпозиция ситуации. При прецедентном управлении происходит выработка методов для решения управленческой задачи. На рис.2 приведена схема аналитического управления

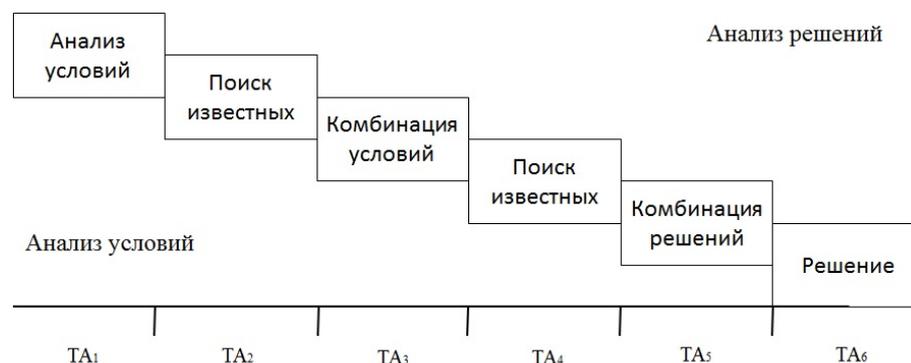


Рисунок 2. Схема аналитического управления

На рис.2 в прямоугольниках выделены основные этапы анализа условий и анализа решений, развернутые по временной оси. По временной оси показаны временные интервалы (ТА1 –ТА6) этапов аналитического решения, необходимые для реализации этапа. Принципиальным является наличие не менее шести этапов.

На рис. 3 показано прецедентное управление. Оно качественно отличается тем, что требует наличия базы прецедентов. База прецедентов формируется на основе опыта управления и фиксации правильных управленческих решений для ситуаций, которые становятся прецедентами.

При этом имеет место следующие отношения.

$$ТП1 \approx ТА1 \quad (1)$$

$$ТП2 \ll ТА2 \quad (2)$$

$$ТП3 \ll \leq ТА6 \quad (3)$$

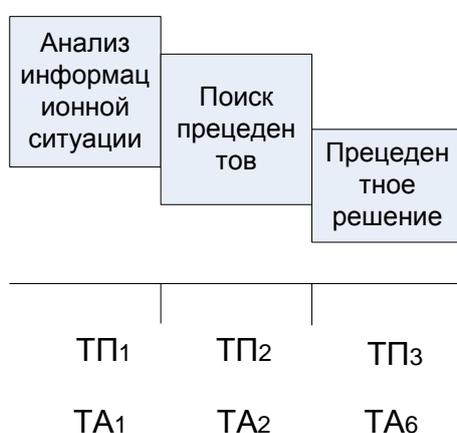


Рисунок 2. Схема прецедентного управления

Сравнение рис.3 и рис.2 показывает, что время прецедентного управления существенно меньше времени аналитического управления. В этом используется свойство прецедента – применение проверенного опытом решения. Без базы данных метод прецедентов в управлении не применим. Поэтому началом прецедентного подхода является накопление опыта и создание базы данных прецедентов и соответствующим им управленческим решениям. Общее время прецедентного решения (выражения 1-3) существенно меньше времени аналитического решения.

Выражение (1) говорит о том, что времена решения на этапе анализа при прецедентном и аналитическом методах примерно одинаковы. Этапы ТА3 - ТА5 аналитического решения исключаются при прецедентном управлении.

Выражения (2, 3) говорят о том, что времена схожих этапов при использовании прецедентного подхода существенно меньше аналогов при аналитическом подходе. В целом применение прецедентного управления создает существенную экономию времени управления. Различие между ТА и ТП в выражениях (2) и (3) обусловлено различием скоростью поиска и применением разных функции поиска прецедентов в базе данных.

### Поиск прецедентов.

Ключевым в прецедентном подходе является поиск прецедентов. Поиск прецедентов основан на применении специализированной базы прецедентов. Это может быть база данных при автоматизированном управлении транспортом или база знаний при интеллектуальном управлении транспортом.

В базе данных осуществляется поиск прецедента. В простейшем случае эта технология может быть рассмотрена как обычный информационный поиск. База прецедентов включает пары: прецедент (*Pri*) управленческой ситуации и решение (*Resi*) для данного прецедента. Это решение относится к данной управленческой ситуации. Если найден прецедент, то тем самым найдено управляющее решение для данной ситуации.

Прецедент *Pr* имеет набор качественных признаков  $Pr(Q1, Q2, Q3, \dots, Qn)$ , каждый из которых может иметь набор количественных значений  $Qi(N1, N2, N3, \dots, Nm)$ . Это дает основание представить прецеденты базы данных в виде матрицы или таблицы.

Таблица 1.

Структурный состав прецедентов.

	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>		<i>Qn</i>
<i>N1</i>				
<i>N2</i>				
<i>Nm</i>				

В таблице 1 строкам описывают качества, а столбцы задают количественные характеристики. В силу этого поиск прецедентов включает два этапа: качественный и количественный. Исходная информационная ситуация рассматривается как текущий прецедент (*Prt*) реальности, которому ищется в соответствие известный прецедент (*Pri*) (опыт) в базе прецедентов. Технология информационного поиска задает время поиска и определяет общее время принятия решений и прецедентного управления.

Для ускорения информационного поиска можно использовать расстояние Хемминга [12]. Расстояние Хемминга можно использовать для параметрической оценки сходства/различия между информационной ситуацией и прецедентами. При качественном анализе расстояние Хемминга (*Hem1*) определяется как сложение по модулю 2 или XOR для качественных характеристик текущей информационной ситуации (*Qt*) и качественных характеристик известных прецедентов (*Qi*) в базе прецедентов. В таблице 2 дана таблица истинности для XOR (*A, B*) или ( $A \oplus B$ ).

Таблица 2.

Логическая таблица для сложения по модулю 2 XOR (*A, B*) или ( $A \oplus B$ )

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>XOR</i>
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Таблица 2 показывает, что истина имеет место только для различных величин  $A$ ,  $B$ . В соответствии с этим расстояние Хемминга для качественных характеристик определится по формуле

$$Hem1 = XOR(Q1t, Q1i)+ + XOR(Qjt, Qji)+ XOR(Qnt, Qni) \quad (4)$$

В выражении (4)  $j=1..n$  – число качественных характеристик прецедентов. Индекс  $j=1..l$  – число прецедентов в базе прецедентов. Если расстояние Хемминга равно нулю для  $k$ -го прецедента из базы прецедентов, то качественно он совпадает с текущим прецедентом.

После нахождения сходства качественных признаков анализируют количественные показатели. При количественном поиске с расстояние Хемминга ( $Hem2$ ) определяется аналогично: как сложение по модулю 2 или  $XOR$  для количественных характеристик текущей информационной ситуации ( $Qt$ ) и количественных характеристик прецедента ( $Qi$ ) в базе прецедентов. В соответствии с этим расстояние Хемминга для количественных характеристик определится по формуле

$$Hem2 = XOR(N1t, N1i)+ + XOR(Njt, Nj)+ XOR(Nmt, Nm) \quad (5)$$

В выражении (2)  $j=1..m$  – число количественных характеристик сравниваемого прецедента. Если расстояние Хемминга  $Hem2$  равно нулю, то количественные характеристики известного прецедента совпадают с количественными характеристиками текущей информационной ситуации. Условие  $Hem2=0$ ,  $Hem1=0$  влечет применение решения  $Res$  известного прецедента для данной информационной ситуации.

### **Заключение.**

Можно говорить о наличии прецедентного подхода в управлении, который отличается от прецедентного подхода в психологии и других областях. Прецедентный подход в управлении или прецедентное управление применимо при наличии базы прецедентов и использовании модели информационной ситуации. Кроме того, прецедентное управление возможно при наличии накопленного опыта, который связывает управленческие ситуации и управленческие решения. Поэтому прецедентный подход включает предварительный и основной этапы. На предварительном этапе накапливают опыт и базу прецедентов. На основном этапе осуществляют управление на основе известного опыта, трансформированного в базу прецедентов. Технологически создание базы прецедентов и соответствующих решений есть трансформация неявных знаний [13, 14] в формализуемый опыт. Важная особенность прецедентного управления – использование модели информационной ситуации. Управленческий прецедент — это информационная модель ситуации с фактическими параметрами, для которой определено правильное, проверенное опытом, управленческое решение. Прецедентное управление имеет сходство и различие с нормативным управлением. При нормативном управлении ищется полное сходство по качественным и по количественным показателям. Прецедентное управление допускает различие и возможность модификации известного решения. Основное преимущество прецедентного метода управления – существенное сокращение времени принятия решений.

**Список литературы**

1. Геловани В. А. и др. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды -М.: Эдиториал УРСС. – 2001. – 304с.
2. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Методы и системы поддержки принятия решений. - М.: Макс Пресс, 2001. -312с
3. Кравченко Т. К. Системы поддержки принятия решений //Информационные технологии для современного университета. – ГНИИ ИТТ «Информика», 2011. – С. 107-118.
4. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М. В. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. 2-е издание // Под редакцией В.Н. Вагина, Д.А. Поспелова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 712 с.
5. Варшавский П. Р., Еремеев А. П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений //Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – №. 2. – С. 45-57.
6. Карпов Л. Е., Юдин В. Н. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов //Труды Института системного программирования РАН. – 2007. – Т. 13. – №. 2.
7. Булгаков С.В., Цветков В. Я. Поддержка принятия решений на основе метода прецедентов // Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.72-79
8. Данилов К.В., Капустин Н.И. Технологии Big Data в железнодорожной отрасли инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.25-33
9. Цветков В.Я. Дескриптивные и прескриптивные информационные модели // Дистанционное и виртуальное обучение– 2015. - №7. - с.48- 54.
10. Раев В.К., Цветков В.Я. Логические цепочки // Дистанционное и виртуальное обучение. 2018. - № 1(120). – С.14-21
11. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches // AI Communications. IOS Press. Vol. 7: 1. 1994. - PP. 39-59.
12. Цветков В. Я., Дзюба Ю. В. Стереотипное управление // Государственный советник. – 2018. -№2. – с.34-38.
13. Кужелев П.Д. Управление на основе метода прецедентов // Вестник МГТУ МИРЭА «MSTU MIREA HERALD» 2014 - № 4 (5) - с.172-182.
14. Липпман У. Общественное мнение / Пер. с англ. Т. В. Барчунова, под ред. К. А. Левинсон, К. В. Петренко. — М.: Институт Фонда «Общественное мнение», 2004. 384 с. ISBN 5-93947-016-5.
15. Tsvetkov V. Ya. Worldview Model as the Result of Education // World Applied Sciences Journal. -2014. - 31 (2). - p211-215.
16. Щенников А.Е. Использование паттернов при конструировании алгоритмов// Славянский форум. -2018. – 1(19). - с.96-103
17. Мордвинов В.А. Использование паттернов для проектирования информационных систем // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2018. № 1. С. 79–85.
18. Цикритзис Д., Лоховски Ф. Модели данных: Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1985 – 344с.
19. V.Ya. Tsvetkov. Incremental Solution of the Second Kind Problem on the Example of Living

System, Biosciences biotechnology research Asia, November 2014. Vol. 11(Spl. Edn.), p. 177-180. doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1458/>

20. Ожерельева Т.А. Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум, 2016. -4(14). – с.176-181

21. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170.

22. Лёвин Б. А., Цветков В.Я. Объектные и ситуационные модели при управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -2(2). – с.2-10.

23. Дышленко С. Г. Ситуационный анализ в транспортной сети // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.26-33

24. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.11-24

25. Охотников А. Л. Информационные модели при управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -2(2). – с.60-75

26. Коваленков Н.И. Ситуационное управление в сфере железнодорожного транспорта // Государственный советник. – 2015. - №2. – с42-46.

27. Пospelов Д.А. Принципы ситуационного управления. -Известия РАН СССР, Техническая кибернетика. -1971.-№2 .-С. 10-17.

28. Цветков В.Я. Семиотический подход к построению моделей данных в автоматизированных информационных системах // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №5. - с. 142-145

29. Пospelов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. –284 с.

30.Елсуков П.Ю. Трансформация неявного знания // Славянский форум, 2016. -4(14). – с.873-93

31. A.S. Sigov and V. Ya. Tsvetkov. Tacit Knowledge: Oppositional Logical Analysis and Typologization // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2015, Vol. 85, No. 5, pp. 429–433.