

# СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСЛУГ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Савушкин С.А.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН,

Санкт-Петербург, Россия

ssavushkin@mail.ru

*Аннотация. Разработка теоретических основ интеллектуального управления в транспортно-логистических системах требует решения задач, в том числе, систематизации транспортных услуг. В работе описываются принципы и инструменты систематизации услуг. Рассмотрены инструменты классификации, кодификации, на основе лингвистической, логической и реляционной модели.*

*Ключевые слова: транспорт, управление, организация, структура, информация, сеть, логистика, формализация, язык, каталог, услуга, качество, программный комплекс, логика, предикат.*

## Введение

Все чаще транспортные системы предоставляют комплексные услуги, ориентированные на потребности клиентов и предполагающие разнообразные логистические схемы (ЛС) исполнения. Таким образом, они объединяют в себе транспортные и логистические услуги. Под транспортно-логистической системой (ТЛС) понимаются: транспортная сеть страны, её элементы – крупные транспортные компании, мультимодальные транспортно-логистические и производственно-технологические зоны (клUSTERы), в состав которых может входить морской или речной порт с необходимыми железнодорожными и автомобильными путями подхода, терминально-логистические центры, являющиеся опорными узлами железных и автомобильных дорог, предназначенные для перераспределения и стыковки грузопотоков, поступающих разными видами транспорта. Проблемы организационного управления большими транспортными системами рассмотрены в [1]. Модель взаимодействия с социально-экономической системой – в [2]. Для поиска управленческих решений в интеллектуальных транспортно-логистических системах в [3] предлагаются дискретные событийные модели, учитывающие внутреннюю динамику дискретных событий.

При повышении уровня сложности услуги возрастает неопределенность понимания особенностей услуги различными исполнителями. Для клиента это означает существенные различия между ожидаемым и реально полученным результатом исполнения услуги. В [4] отмечается, что в сфере мультимодальных перевозок грузов возникает множество проблем и одной из важнейших является отсутствие единой информационной среды для всех участников перевозочного процесса. Одним из путей преодоления этой проблемы является систематизация услуг компаний, выраженная в создании единого каталога услуг [5]. Интеллектуальный каталог услуг [6, 7] рассматривается как система знаний об услугах компаний, взаимодействующая с клиентами, управляющая процессом предоставления услуг. В [8] предложена модель оценки качества проектируемых услуг на основе прогнозирования потребностей клиентов, потенциального спроса и конкурентоспособности.

Цель данной статьи – предложить подходы к систематизации транспортно-логистических услуг. Практическая реализация результатов будет способствовать повышению эффективности технологических процессов, внедрению информационных технологий систематизации и, в конечном счете, повышению качества оказываемых транспортно-логистических услуг.

## 1. Интеллектуальное управление транспортно-логистическими системами

Комплекс базовых услуг, крупной транспортной компании, например, такой как холдинг «РЖД», содержащий многие тысячи технологических процессов и операций, требует глобальной оптимизации. С учетом этого, актуальна проблема систематизации и, по возможности, формализация услуг этого базового комплекса. Управление ТЛС на уровне услуг 3PL-4PL [9] предполагает управление всеми процессами технологических цепочек, в т.ч. курьерские доставки, экспедиторские и складские услуги.

На рис. 1. представлена модель управления ТЛС на основе систематизированных знаний об услугах, содержащихся в интеллектуальном каталоге. Каталог также обеспечивает основной канал взаимодействия клиента с организационной системой и технологическими подсистемами. На основе систематизированной информации об услугах составляется план оказания услуги. Реализация плана требует дополнительной информации о текущих возможностях подразделений, наличии требуемых технических устройств и площадок, необходимо, например, планирование перемещений порожних

транспортных средств и погрузочной техники. Эта информация хранится в специальных базах данных, которые обновляются в режиме реального времени. Технологические подсистемы оказания услуг управляют процессами планирования ЛС. Производственные технологические системы обеспечивают процессы упорядоченного исполнения внутренних услуг и технологических операций.



Рис. 1. Модель цифрового управления на основе интеллектуального каталога и систематизированных знаний об услугах

Объектом управления является технологическая система организации перевозок, включающая управление отдельными технологическими процессами, а также процессом оказания услуг в целом. Информация, полученная от клиентов и от подразделений, может быть использована для контроля технологических процессов и выработки рекомендаций по изменению технологий.

## 2. Принципы и инструменты систематизации услуг

Транспортная компания на основе перечня базовых услуг, в соответствии с требованиями клиента, исполняет комплексные услуги. Для этого формируется ЛС [1, 5]. В основе инструментов систематизации лежит формальная модель предметной области, которой в данном случае является область транспортных услуг. Содержание модели составляют систематизированные описания услуг и порядок их применения, в том числе для взаимодействия с клиентом. В основе систематизации всегда должен быть положен некоторый принцип.

Транспортные услуги оказываются различными видами транспорта. Кроме того, класс услуг всегда содержит несколько услуг, которые могут отличаться по содержанию. Поэтому очевидны классификации услуг по видам транспорта и по содержанию.

Для систематизации услуг по уровням сложности строится классификационное дерево. Сложные комплексные клиентоориентированные услуги систематизируются с применения лингвистических инструментов, описываются языки клиента и исполнителя. Для описаний связей между требованиями клиента и реализующей их ЛС применяются лингвистические, а также логические и реляционные инструменты. Базовые услуги систематизируются посредством параметризации, т.е. выделяются параметры услуги и возможные их значения. Свойства транспортной услуги во многом зависят от свойств перевозимых грузов, поэтому отдельным принципом выделена классификация грузов. Далее рассмотрим принципы систематизации.

## 2.1. По уровням сложности

Систематизированные описания услуг могут быть представлены иерархической структурой, включающей следующие уровни сложности:

- на первом уровне расположены сложные мультимодальные услуги, специально формируемые по запросам клиента. Для их исполнения требуется исчерпывающий набор базовых услуг для конструирования логистических схем, обеспечиваемых услугами второго уровня;
- второй уровень содержит традиционные базовые услуги перевозок грузов различными видами транспорта: хранение, упаковка, оформление документов, информационное сопровождение, консолидация грузов, погрузка, выгрузка;
- на третьем уровне расположены внутренние услуги, которые подразделения компании оказывают друг другу, например, выделение локомотивов, локомотивных бригад, подача железнодорожных вагонов, автомобиля, выделение погрузочной техники, формирование состава, контроль графика движения, загрузки вспомогательной техники. Для исполнения внутренних услуг в компании приняты соответствующие технологии, которые рассматриваются как услуги следующего уровня;
- четвертый уровень содержит технологические операции, например, уборка, мойка, профилактический осмотр, ремонт, технологические перемещения транспортного средства, Поддержание и восстановление физических свойств грузов.

Приведенная классификация по сложности также разделяет услуги на коммерческие и технологические, а также классифицирует их по содержанию внутри уровней.

**Кодификация услуг.** Иерархическая структура описаний услуг может быть задана кодификатором описаний услуг, который отражает основные родовидовые, технологические, ассоциативные связи между услугами. Система кодификации позволяет с помощью простых таблиц и многоуровневого кода задавать многоуровневые классификации. В таблице 1 показан фрагмент кодификатора ОК 034-2014 (ОКПД2), срез классификационного дерева раздела Н. «Услуги транспорта и складского хозяйства».

Таблица 1. Фрагмент кодификатора

Код	Наименование услуги
49	Услуги сухопутного и трубопроводного транспорта
49.2	Услуги железнодорожного транспорта по перевозке грузов
49.4	Услуги по грузовым перевозкам автомобильным транспортом и услуги по переезду
49.41	Услуги по грузовым перевозкам автомобильным транспортом

## 2.2. С позиций клиента

Интуитивно ясно, что множество потребностей клиентов является потенциально бесконечным и клиент, прежде всего, заинтересован в получении комплексной услуги. В данном случае считаем, что для его описания необходим язык, который назовем языком клиента. Интеллектуальная система описания услуг дает возможности клиенту формулировать свои пожелания на привычном языке [10], не вникая в детали исполнения.

Синтаксис фрагментов языков определим с помощью формул Бэкуса-Наура (БНФ), в соответствии с правилами их оформления [10]. Возможности систематизации услуг иллюстрируются фрагментами языков, которые могут неограниченно детализироваться введением новых конструкций: Язык клиента описывает обобщенную услугу, заключающую в себе все разнообразие потребностей клиента.

<описание перевозки> → <описание пути следования> <описание грузов> <сроки>;  
<описание пути следования> → <пункт отправления> <пункт назначения>;  
<пункт отправления> → <узел> <расположение> <доступ>;  
<расположение> → <склад> | < помещение > | <площадка > | <транспортное средство>;  
<описание груза> → <название груза> <объем> <стоимость> <упаковка>;  
<сроки> → <сроки отправки> <сроки доставки> <периодичность>.

## 2.3. С позиций исполнителя

Для описания действий по оказанию услуг также необходим некоторый другой язык, который назовем языком исполнителя. Синтаксис фрагмента языка исполнителя, который описывает ЛС и ее отдельные шаги, также опишем с помощью БНФ. С помощью новых формул фрагмент языка исполнителя может быть расширен и детализирован.

<логистическая схема> → <услуга> | <услуга> <логистическая схема> | <стандартная схема>;  
 <стандартная схема> → <упаковка> <пакетирование> <автомобиль> <хранение> <поезд> <хранение> <автомобиль>;  
 <автомобиль> → <погрузка> <перемещение> <выгрузка> | <отсутствует>;  
 <поезд> → <погрузка> <перемещение> <выгрузка> | <отсутствует>;  
 <услуга> → <пакетирование> | <погрузка> | <выгрузка> | <хранение> | <перемещение>.

## 2.4. С позиции связи требований клиента и возможностей исполнителя

Перевод, с языка клиента на язык исполнителя осуществляется семантическими функциями, которые находят семантические противоречия в запросе клиента и вычисляют элементы ЛС.

Семантическая функция имеет вид: правила «условие  $\Rightarrow$  действие», где условием является логическое выражение, содержащее логические связки «и», «или», «не», предметные переменные, значения, операции. В качестве операций, кроме общепринятых математических операций используются операция грамматического вывода, например, « $\rightarrow$ » – возможность вывода за один шаг, « $\rightarrow \rightarrow$ » – возможность вывода за несколько шагов. Например:

(<описание перевозки> → <упаковка> → <упакован> или *массовый*  $\in$  *классы\_груза*) и  
 <стандартная схема> → <упаковка>  $\Rightarrow$  <упаковка> → <отсутствует>.

Используются также специальные переменные, которые вычисляются в ходе семантического анализа запроса клиента. В данном примере используется переменная *классы\_груза*, значение которой – множество классов, вычисляется в результате анализа описания груза. Затем проверяется, принадлежит ли значение *массовый* этому множеству. В результате перевода формируется ЛС и производится настройка ее шагов. Определяются виды и способы упаковки, пакетирования, перевозки видами транспорта, погрузки и выгрузки, хранения, подвижного состава, отправки, размещения и крепления.

**Логические инструменты.** Грузовая перевозка определяется комбинацией значений показателей (предметных переменных), таких как, наименование груза, пункт назначения, например, наименование груза – цемент, объем груза – 50 т. Такие комбинации можно задавать с помощью математического понятия «отношение», которое, в свою очередь, может записываться формулами логики предикатов. Допустимость комбинаций показателей перевозки и в целом ЛС определяется набором формул [12]. Допустимыми являются такие комбинации значений показателей, при которых формулы принимает значение *true* (истина). Предикатная модель [12] используется для описания условий совместимости различных шагов ЛС, в [13] – для описания мультимодальных грузовых перевозок нескольких заказчиков.

Возможности систематизации услуг иллюстрируются фрагментами наборов логических выражений, которые также могут детализироваться. Например, заявка клиента на обобщенную услугу может быть задана выражением:  $R_{tr}(S_{ph}, S_{gd})$ . Здесь  $R_{tr}$  – предикатный символ заявки,  $S_{ph} = h_{ph}(h_{sr}(S_{pls}, S_{lcs}), h_{ds}(S_{pld}, S_{lcd}))$  – терм [12], содержащий другие термы и переменные для начального и конечного пунктов перевозки, в т.ч.,  $S_{pls}$  – наименование пункта отправления,  $S_{lcs}$  – расположение груза в пункте отправления (*wh* – склад,  $T_r$  – транспортное средство). Аналогично с помощью термов и переменных задаются пункт назначения, параметры груза, в т.ч. его размеры, характеристики упаковки. Функциональные символы, объединяющие показатели и образующие терм, будут далее обозначаться буквой *h* с индексами.

**Реляционные инструменты.** Другим известным представлением «отношения» является табличное представление. На этой основе строятся реляционные базы данных, которые представляет собой иерархию таблиц. Формат базы данных и некоторых таблиц зададим посредством БНФ:

<база данных> → <услуги> <исполнители> <описания грузов> <транспортная сеть>;  
 <услуги> → <услуги погрузки> | <услуги выгрузки> | <услуги складирования> | <услуги транспортировки>;  
 <услуга транспортировки> → <железнодорожная транспортировка> | <автомобильная транспортировка>

*<железнодорожная транспортировка> → <вид отправки> <вид вагона>.*

## 2.5. Организация взаимодействия естественного и искусственного интеллектов

Систематизация и каталогизация услуг не является одноразовым актом. Систематизация, детализация ведение единого каталога услуг представляют собой длительный, возможно, бесконечный процесс. Для его обеспечения необходима организационная система управления услугами. Если представить множество услуг в виде графа, ребрами которого являются технологические связи между услугами, то его можно разделить на два подграфа: формализованный подграф и неформализованный. Формализованный подграф управляет интеллектуальной программно-технической системой, неформализованный – естественным интеллектом персонала. Одна из задач организационной системы – расширение формализованной части графа посредством взаимодействия естественного и искусственного интеллектов. С течением времени некоторые услуги из неформализованной части переходят в формализованную. При этом неформализованная часть не обязательно уменьшается, т.к. потребности клиента растут и могут возникать новые услуги. В целом при планировании услуги необходимо взаимодействие программно-технической системы с человеком, которая может возникать, например, в следующих случаях:

- использования неоцифрованных копий документов, схем, рисунков в графическом формате, не допускающем в настоящее время автоматической обработки. Такой документ можно показать клиенту, менеджеру, исполнителю услуги и получить от него ответ в виде информации или операции;
- использование в описаниях естественно-языковых конструкций, требующих, например, для автоматического распознавания и отождествления одних и тех же понятий, определенных по-разному;
- клиент может иметь предпочтения, идущие вразрез с решения, предлагаемые системой;
- потенциально бесконечное пространство состояний не позволяет произвести полный поиск автоматически.

Постоянно действующая организационная система управления услугами способствует повышению скорости и качества услуг, адекватной оценке качества и технологического развития компании.

## 2.6. Транспортная классификация грузов

Для формирования ЛС и настройки шагов, включая выбор технологий железнодорожной и автомобильной транспортировки грузов, погрузки и выгрузки, технологий исполнения других базовых услуг, необходима информация о начальном и конечном пунктах, о свойствах грузов, другая информация из заявки клиента [14].

Классификация грузов имеет иерархическую структуру, которая может, как и для услуг отражена с помощью кодификации. В таблицах 2, 3 приведены фрагменты классификатора ЕТСНГ (единая тарифно-статистическая номенклатура грузов).

Таблица 2. Фрагмент классификатора грузов ЕТСНГ

Наименование груза	Код ЕТСНГ
Зерновые и зернобобовые культуры	1000
Дрова, древесина топливная для технологических нужд, древесина измельченная	10000
Нефть и нефтепродукты	20000
Огнеупоры, асбест, слюда	30000
Аппараты, приборы и предметы электро- и радиотехники	40000
Продукция мукомольно-крупяной промышленности	50000
Барда, вода и лед	60000
Остальные грузы	69000

Таблица 3. Остальные грузы классификатора ЕТСНГ (фрагмент)

Наименование груза	Код ЕТСНГ
Грузы для личных (бытовых) нужд	69100
Утильсырье	69200
Автокамеры (камеры автомобильные) резиновые старые	69201
Автопокрышки (покрышки автомобильные) резиновые старые	69202
Грузы, не входящие ни в одну из указанных выше групп и позиций ЕТСНГ, а также грузы, для которых не установлено отдельных тарифов	69300

Классификация, в том числе, предполагает группировку грузов по их свойствам взаимодействия с транспортным процессом. Некоторые такие классификации приведены в таблице 4. В таблице 5 ([14]) детализированы описания грузов по комбинации свойств «Приспособленности к выполнению погрузочно-разгрузочных работ» и «Сохранности при перевозке».

Таблица 4. Классификация по свойствам транспортного процесса

Вид классификации	Классы
По видам с соответствующей средней плотностью	средняя плотность
По типу тары и упаковки	тарные, частично затаренные, бестарные
По форме	круглая, цилиндрическая, прямоугольная, и т.п.
По габаритным размерам	габаритные, негабаритные (крупногабаритные) грузы

Таблица 5. Классификация по комбинации свойств грузов

По приспособленности к погрузочно – разгрузочным работам	По свойствам сохранности при перевозке	Вид грузов (примеры)
Тарно-штучные, пакетированные и контейнерные	Не требуют защиты от окружающей среды	Кирпич, газы в баллонах
	Требуют защиты от окружающей среды	Грузы в ящиках и поддонах, контейнерах, бутылки
	Требуют сохранения температурного режима	Книги, газеты, журналы
	Требуют поддержания температурного режима	Вата, одежда, ткани, сахар
		Хлеб, хлебобулочные изделия
		Жидкости в таре, фрукты
		Мясо, рыба, битая птица
		Свежие фрукты и ягоды

Классификационное дерево, как дерево родовидовых отношений, в лингвистическом варианте можно задать набором БНФ. Например:

*<описание вида> → <наименование вида> <родовое понятие> <свойства вида>;*  
*<родовое понятие> → <описание вида>;*  
*<описание груза> → <описание вида>;*  
*<свойства вида> → <технологии обработки груза>.*

В логическом варианте дерево родовидовых отношений задается логическими предикатом  $R_{cargo}$ , связывающим родовое понятие с видом, вершины дерева. Формулы (1) иллюстрируют применение предиката  $R_{cargo}$ .

$$\begin{aligned}
 & R_{cargo}('полужидкие и густеющие', 'бетон'), \\
 & R_{cargo}('полужидкие и густеющие', 'гудрон'), \\
 & R_{cargo}('сыпучие и липкие', 'пшеница'), \\
 & R_{cargo}('навалочные', 'сыпучие и липкие').
 \end{aligned} \tag{1}$$

Предикат  $R_{class}(C_f, C_m) \leftrightarrow R_{cargo}(C_f, C_m) \vee (R_{class}(C_f, C_m) \& R_{cargo}(C_f, C_m))$ , где  $C_m$  – груз или класс груза,  $C_f, C_m$  – классы груза, принимает значение **true** (истина), если  $C_f$  является классом груза  $C_m$  и позволяет определить все классы данного груза.

На практике используется более укрупненная номенклатура, чем в классификаторе ЕТСНГ (таблица 6).

Таблица 6. Укрупненная номенклатура грузов

Родовое понятие	Разновидности
Минерально – строительные материалы	Строительные грузы
	Промышленное сырье и формовочные материалы
	Огнеупоры
	Цемент
	Гранулированные шлаки
Нефтяные грузы	Нефть
	Нефтепродукты

Родовое понятие	Разновидности
Зерно и продукты перемола	Зерно Продукты перемола
Прочие грузы	Лом черных металлов Комбикорма Бумага Цветные металлы Флюсы Химикаты и сода Сахарная свекла и семена Торф и торфяная продукция Сланцы

Классы грузов, как правило, описываются словосочетаниями, значения которых зависят не столько от значений слов, сколько от опыта практического применения этого словосочетания. Поэтому при настройке шагов ЛС может возникать необходимость участия человека, например, для выбора упаковки, технологий погрузки, выгрузки и др.

### 3. Систематизация знаний о базовых услугах

#### 3.1. Выбор подвижного состава

Выбор подвижного состава при железнодорожных перевозках в основном связан с характером груза [15]. В лингвистическом подходе функция, выбора подвижного состава, имеет следующий вид:

*скоропортиющиеся грузы*  $\in$  *классы\_груза*  $\Rightarrow$  *<вид вагона>*  $\rightarrow$  *<автономный рефрижераторный вагон>;*

*Колесные и гусеничные машины*  $\in$  *классы\_груза*  $\Rightarrow$  *<вид вагона>*  $\rightarrow$  *<платформа универсальная с металлическими бортами>.*

В логическом подходе предикат  $R_r$  задает допустимые варианты перевозки данного груза с данной упаковкой данным видом вагона. Например (2):

$R_r(\text{скоропортиющиеся грузы, железнодорожный, упакован, рефрижераторный вагон}),$

$R_r(\text{известь, железнодорожный, насыпью, крытый вагон-хоппер}),$

$R_r(\text{кусковые и смерзающиеся, железнодорожный, насыпью, полуwagon}), \quad (2)$

$R_r(\text{охлажденный кокс, железнодорожной, насыпью, вагон-хоппер}),$

$R_r(\text{известь, железнодорожный, пакетирован, контейнер}).$

В реляционном подходе таблица 7 показывает отношение «соответствие типа вагона классу грузов».

Таблица 7. Выбор грузового вагона

Классы грузов	Название вагона
Светлые нефтепродукты	цистерна
Штучные, зерновые, требующие защиты от атмосферных осадков	крытый вагон
Насыпью цемент, порошкообразные и гранулированные, требующие защиты от атмосферных осадков	крытый вагон-хоппер для цемента
Легковые автомобили	крытый вагон для легковых автомобилей двухъярусная платформа для легковых автомобилей

#### 3.2. Вид транспортного средства

Вид транспортного средства для автомобильных перевозок включает выбор типа кузова, шасси и различного дополнительного оборудования. Для этого используем предикат  $R_r$ . Например (3):

$R_r(\text{известь, автомобиль, пакетирован, крытый грузовик}),$

$R_r(\text{известь, автомобиль, насыпью, тип кузова: закрытый}), \quad (3)$

Варианты выбора транспортного средства представлены в таблице 8.

Таблица 8. Варианты выбора параметров грузового автомобиля

Классификация груза	Варианты кузова
По типу тары и упаковки	Кузов с устройством для крепления груза. Бортовой или безбортовой со стойками и тентом. Кузов с устройством, обеспечивающим сохранность бесстарных грузов
По приспособленности к погрузочно-разгрузочным работам	Конструкция кузова, приспособленная для немеханизированной или механизированной погрузки и разгрузки – сверху, сбоку, сзади. Пониженная погрузочная высота. Увеличенная прочность днища кузова. Широко открывающиеся двери; сдвижная съемная крыша
По требуемой степени сохранности	Специальное предохранительное покрытие внутри кузова. Стопорящиеся стойки. Крепление груза внутри кузова. Система подвески груза внутри кузова. Ограничение скорости движения. Более "мягкая" подвеска автомобиля.

### 3.3. Способ железнодорожной отправки

Вид железнодорожной отправки зависит от веса и размеров груза [16]. В некоторых случаях вид отправки может быть определен автоматически и записано формулами:

*<описание перевозки> → → <общий вес> и <общий вес> ≤ 20m ⇒ <вид отправки> → <мелкая>.*

Возможны более сложные алгоритмы определения вида отправки. Они могут быть реализованы в виде функций и встроены в БНФ, например, функция и БНФ, имеют вид:

*f(X, Y) = <мелкая>, если X ≤ 20; <повагонная>, если 20 < X ≤ 60; <сборная>, если Y > 1.*

*<описание перевозки> → → <общий вес> ⇒ <вид отправки> → f(<общий вес>, количество\_наименований\_грузов),*

Предикат  $R_d$  согласует вес груза с видом отправки. Например (4):

$$\begin{aligned}
 R_d(2, \text{Мелкая}), \\
 R_d(20, \text{Контейнерная}), \\
 R_d(60, \text{Повагонная}).
 \end{aligned} \tag{4}$$

Описания способов отправки могут включать неформализованные фрагменты, предполагающие присутствие человека. Информация по способам отправки представлена в таблице 9.

Таблица 9. Способы отправки

Наименование отправки	Описание отправки
Повагонная	требуется предоставление вагона
Контейнерная	требуется предоставление контейнера
Мелкая	не требуется предоставление вагона или контейнера
Групповая	требуется предоставление нескольких вагонов
Маршрутная	требуется предоставление вагонов в необходимом количестве
Сборная	груз разных наименований в адрес одного грузополучателя

### 3.4. Международные мультимодальные грузоперевозки

Международные мультимодальные грузоперевозки с участием морского транспорта описывается расширением понятия стандартной ЛС, которая в этом случае может быть описана формулами:

*<стандартная схема> → <перемещение наземным транспортом> <перемещение морским транспортом> <перемещение наземным транспортом>.*

Перемещение наземным транспортом включает перемещения автомобильным и железнодорожным транспортом от склада к морскому порту в прямом и обратном направлениях.

*<перемещение морским транспортом> → <порт> <грузовое судно> <порт>.*

Морские транспортные услуги, кроме основных, перечисленных выше, включают вспомогательные услуги, например, услуги таможни, переработка контейнеров, лоцманские услуги ремонт и другие.

Классификации морских грузовых судов по их назначению, по районам плавания, по грузоподъемности; в зависимости от дедвейта. Например, систематизировать танкеры в зависимости от дедвейта можно с помощью формулы:

*<танкеры> → <общего назначения> | <среднетоннажные> | <крупнотоннажные>.*

По маршрутам плавания классификации связаны со способностью проходить через каналы, проливы и другие водные пути. Систематизировать их можно с помощью таблицы 10 [17].

Таблица 10. Классификации танкеров по маршрутам плавания

Типоразмер	Маршруты плавания
Aframax	в морях: Северном, Чёрном, Средиземном, Карибском, Восточно-Китайском
Suezmax	Суэцкий канал
Panamax	Панамский канал
Capesize	вдоль мыса Доброй Надежды на юге Африки или мыса Горн на юге Южной Америки

Исполнителями морских транспортных услуг являются судоходные компании, порты, транспортно-экспедиторские компании. [18].

### 3.5. Схема размещения и крепления

Схема размещения и крепления зависит от вида груза (таблица 11). Некоторые схемы размещения формализуются правилами, например:

*сыпучие ∈ классы\_груза и <упаковка> → <неупакован> ⇒ <способ крепления и размещения> → <навал>;*

*тарно-штучный классы\_груза и <технологии\_погрузки> → <штабелирование> ⇒ <способ крепления и размещения> → <штабель>.*

Таблица 11. Выбор элементов и средств крепления различных грузов

Класс груза	Рекомендуемые элементы и средства крепления
С плоскими опорами, размещаемые штабелями	Упорные, распорные бруски; увязки, растяжки, обвязки; щиты ограждения; стойки; кассеты
Длинномерные	Растяжки, обвязки; турникетные опоры, стойки, подкосы, упорные бруски; ложементы
На колесном ходу	Упорные бруски; растяжки; многооборотные колесные упоры (башмаки), распорные бруски; растяжки

В большинстве случаев схемы размещения и крепления грузов не формализованы и доступны в виде неоцифрованных текстов инструкций, например, крепления растяжек и обвязок в вагонах, рисунков, например, способов установки растяжек, схем и таблиц размеров габаритов погрузки. Такие операции могут быть выполнены только человеком [15], хотя на последующих этапах автоматизации возможна более углубленная детализация.

### 3.6. Выбор тары и упаковки

Выбор тары и упаковки в зависимости от характера груза (таблица 12) может быть описан в лингвистической модели семантической функцией, где выбор реализован в виде математической функции, «тара» встроенной в БНФ, например, функция и формула, имеют вид:

$g(X, Y) = \begin{cases} \text{<барабаны стальные тонкостенные>, если } \text{пастообразная} \in Y; & \text{<деревянная ящики>, если } \text{сельского_хозяйства} \in Y; \\ & \text{<мешки и мешочные ткани>, если } \text{промышленной_продукции} \in Y; \\ & \text{<из гофрированного картона>, если } X = \text{Лампы накаливания}; \end{cases}$

*<описание перевозки> → <название груза> ⇒ <вид тары> → g(<название груза>, классы\_груза).*

Таблица 12. Виды тары для различных грузов

Характеристика груза	Вид тары
Для продукции легкой, рыбной, пищевой, химической, электротехнической, автомобильной промышленности, в сельском хозяйстве	Тара деревянная (ящики)

Характеристика груза	Вид тары
Для промышленной продукции	Тара из коробчатого картона, бумаги, мешки и мешочные ткани
Для химических продуктов, для молока и молочных продуктов	Бочки, фляги, бутыли

### 3.7. Логистическая схема

Логистическая схема состоит из отдельных шагов и представляет собой их частично упорядоченное множество. Построенная в соответствии с запросом клиента ЛС содержит маршрут транспортировки груза, в виде последовательности станций, связанных с перегрузкой на другой вид транспорта или в виде последовательности шагов, связанных с перемещениями (транспортировками) между станциями, упаковкой и пакетированием, погрузкой и выгрузкой, размещением и креплением груза, ожиданием в очереди на обработку груза, фрахтом судна, оформлением перевозочных документов, с информированием клиента о состоянии процесса перевозки.

Множество ЛС систематизируется, как множество путей в пространстве состояний, которое описывается ориентированным графом, вершинами которого являются состояния, а ребрами – связи между состояниями, осуществляемые с помощью шагов ЛС. Перевозка формализуется, как последовательное изменение состояний. Используя логический подход, состояния можно описать термами математической логики [12], задающими местоположение груза, узел сети, расположение груза на территории транспортного узла, упаковку груза (упакован, вид тары, не упакован, пакетирован), объем груза, общий вес, количество неделимых единиц, вес единицы, выходные показатели, которые необходимо вычислить, а именно: потраченное время к моменту прихода в данное состояние, стоимость, потери. Шаги ЛС реализуются базовыми или внутренними услугами. Предикат  $R_{step}$  описывает переход между состояниями посредством данной услуги (транспортировка, погрузка и выгрузка, пакетирование и др.). Алгоритм поиска в пространстве состояний производит настройку шагов и оценку найденных путей.

**Описание транспортной сети** состоит из описаний транспортных узлов, станций (вершины сети) и транспортных путей или рейсов (ребра сети) и характеризуется показателями, примеры которых приведены в формальном описании:

$\langle\text{сеть}\rangle \rightarrow \langle\text{узлы}\rangle \langle\text{пути}\rangle;$   
 $\langle\text{путь}\rangle \rightarrow \langle\text{узел}\rangle \langle\text{узел}\rangle \langle\text{направление}\rangle \langle\text{вид транспорта}\rangle \langle\text{пропускная способность}\rangle \langle\text{время прохождения}\rangle \langle\text{стоимость}\rangle;$   
 $\langle\text{направление}\rangle \rightarrow \langle\text{прямое}\rangle \mid \langle\text{обратное}\rangle \mid \langle\text{двухстороннее}\rangle;$   
 $\langle\text{вид транспорта}\rangle \rightarrow \langle\text{железнодорожный}\rangle \mid \langle\text{автомобильный}\rangle \mid \langle\text{курьерская доставка}\rangle \mid \langle\text{водный}\rangle \mid \langle\text{воздушный}\rangle.$

В соответствие с логическим подходом эта информация задается предикатом  $R_{edge}$ . Предикат  $R_{node}$  описывает транспортный узел, определяет возможные виды отправки, виды транспорта, например, (5):

$$\begin{aligned}
& R_{node}(1, \text{rail}, \text{small}, \text{rail}, \text{small}), \\
& R_{node}(21, \text{rail}, \text{wagon}, \text{rail}, \text{wagon}), \\
& R_{edge}(1, 21, \text{car}, \text{back}, 10, 10, 3), \\
& R_{edge}(1, 3, \text{rail}, \text{both}, 990, 300, 1), \\
& R_{edge}(3, 21, \text{car}, \text{forward}, 20, 20, 3),
\end{aligned} \tag{5}$$

Железнодорожные станции выполняют определенные функции, которые принято называть параграфами [15]. Имеются таблицы параграфов и справочник железнодорожных станций, позволяющие спланировать маршрут и имеющие вид:

$\langle\text{параграф}\rangle \rightarrow \langle\text{номер параграфа}\rangle \langle\text{описание параграфа}\rangle$   
 $\langle\text{справочник железнодорожных станций}\rangle \rightarrow \langle\text{наименование станции}\rangle \langle\text{параграфы}\rangle$

**Транспортировка** из пункта  $S_{P1}$  в пункт  $S_{P2}$ , с использованием транспортного средства  $T_r$  отправки вида  $T_{r\_d}$  груза весом  $W_t$ , описывается термом  $S_{Mv} = h_{Mv}(T_r, S_{P1}, S_{P2}, W_t, T_{r\_d})$ . Систематизация данного вида услуг может быть проведена посредством формального утверждения перехода состояний  $R_{step}(S_{S1}, S_{S2}, S_{Mv})$ . При этом начальное и конечное состояния имеют вид (6):

$$S_{St1}=h_{St}(S_{loc}, S_{Pk}, S_{vl}, S_{out}); S_{St2}=h_{St}(S_{loc1}, S_{Pk}, S_{vl}, S_{out}); \quad (6)$$

Здесь  $S_{loc}=h_{loc}(S_{Pt1}, T_r)$ ,  $S_{loc1}=h_{loc}(S_{Pt2}, T_r)$  – описания начального и конечного пунктов,  $S_{vl}=h_{vl}(W_t, W_{Nu}, W_u)$  – весовые характеристики груза,  $S_{out}=h_{out}(U_{Sp\_t}, U_{Cost}, U_{Saf})$  – выходные показатели в начальном состоянии,  $S_{out1}=h_{out}(U_{Sp\_t}+U_{Sp\_t0}, U_{Cost}+U_{Cost0}*W_t, U_{Saf}*U_{Saf0})$  – выходные показатели в конечном состоянии. Кроме того переменные должны удовлетворять конъюнкции предикатов: описывающего заявку клиента, проверяющего возможность транспортировки данным видом транспорта при соответствующих затратах ресурсов и возможных потерях, проверяющего возможности приемки и отправки груза [12].

На основе описания транспортной сети, входного и выходного состояний разрабатывается маршрут движения. Дополнительно вычисляются характеристики маршрута, такие как *потраченное время*, *стоимость*, *потери*, что дает возможность оценить требуемые ресурсы и выбрать маршрут по критерию оптимальности.

В соответствие с лингвистическим подходом услуга вида: **<транспортировка> → <транспортное средство> <общий вес> <узел>-1 <узел>-2** требует, чтобы параметры в описании услуги, **<общий вес>**, **<транспортное средство>**, **<узел>-1** совпадали с аналогичными параметрами в переменной состояния. После исполнения услуги состояние (местоположение транспортного средства и груза) изменится на **<узел>-2**.

Систематизация видов **погрузки** услуг может быть проведена посредством формальных конструкций терма  $S_{Ld}=h_{Ld}(S_{Obj}, W_{Nu}, W_t, T_r, S_{lc}, S_{Pt}, S_{Ld\_n}, S_{Pk}, T_{r\_p})$  и утверждения  $R_{step}(S_{St1}, S_{St2}, S_{Ld})$ . Здесь  $S_{St1}, S_{St2}$  – начальное и конечное состояния,  $S_{Obj}$  – объект погрузки,  $W_{Nu}$  – количество единиц,  $W_t$  – общий вес,  $S_{Pk}$  – упаковка,  $T_r$  – транспортное средство,  $S_{lc}$  – расположение,  $S_{Pt}$  – узел,  $T_{r\_p}$  – размещение,  $S_{Ld\_n}$  – технология погрузки. При этом начальное и конечное состояния имеют вид (7):

$$S_{St1}=h_{St}(S_{loc}, S_{Pk}, S_{vl}, S_{out}) \& S_{St2}=h_{St}(S_{loc}, S_{Pk}, S_{vl}, S_{out}) \quad (7)$$

Здесь  $S_{loc}=h_{loc}(S_{Pt}, wh)$ ,  $S_{loc1}=h_{loc}(S_{Pt}, T_r)$  – описания начального и конечного местоположения груза,  $S_{vl}=h_{vl}(W_t, W_{Nu}, W_u)$  – весовые характеристики груза,  $S_{out}=h_{out}(U_{Sp\_t}, U_{Cost}, U_{Saf})$  – выходные показатели в начальном состоянии,  $S_{out1}=h_{out}(U_{Sp\_t}+U_{Sp\_t0}*W_t, U_{Cost}+U_{Cost0}*W_t, U_{Saf}*U_{Saf0})$  – выходные показатели в конечном состоянии. Кроме того переменные должны удовлетворять конъюнкции предикатов: описывающего заявку клиента, проверяющего возможность применения данной технологии погрузки и размещения в зависимости от наименования груза, упаковки и вида транспорта, проверяющего допустимость технологии погрузки в узле с упаковкой и затратами ресурсов [12].

**Пакетирование** с применением технологии  $S_{Pl\_n}$  с характеристикой упаковки груза  $S_{Pk}$  объектов в количестве  $W_{Nu}$  единиц, каждая весом  $W_u$  в месте расположения  $S_{lc}$  в пункте  $S_{Pt}$  может быть систематизирована посредством формальных конструкций терма  $S_{Pl}=h_{Pl}(wh, S_{Pt}, S_{Pk}, S_{Pl\_n}, W_{Nu1}, W_{u1})$  и утверждения  $R_{step}(S_{St1}, S_{St2}, S_{Pl})$ . Здесь  $S_{St1}, S_{St2}$  – начальное и конечное состояния,  $S_{Pk}$  – упаковка,  $S_{Pt}$  – узел. При этом начальное и конечное состояния для данного вида услуг имеют вид (8):

$$S_{St1}=h_{St}(S_{loc}, S_{Pk}, S_{vl}, S_{out}) \& S_{St2}=h_{St}(S_{loc}, pld, S_{vl1}, S_{out1}) \quad (8)$$

Здесь  $S_{loc}=h_{loc}(S_{Pt}, wh)$  – описание местоположения груза,  $S_{vl}=h_{vl}(W_t, W_{Nu}, W_u)$ ,  $S_{vl1}=h_{vl}(W_t, W_{Nu1}, W_{u1})$  – начальные и конечные весовые характеристики груза,  $S_{out}=h_{out}(U_{Sp\_t}, U_{Cost}, U_{Saf})$  – выходные показатели в начальном состоянии,  $S_{out1}=h_{out}(U_{Sp\_t}+U_{Sp\_t0}*W_{Nu1}*W_{u1}, U_{Cost}+U_{Cost0}*W_{Nu1}*W_{u1}, U_{Saf}*U_{Saf0})$  – выходные показатели в конечном состоянии,  $W_{Nu}, W_{Nu1}$  – количество единиц,  $W_u, W_{u1}$  – вес единицы груза в начальном и конечном состояниях,  $W_t$  – общий вес груза. Кроме того, переменные должны удовлетворять конъюнкции предикатов: описывающего заявку клиента, проверяющего допустимость способа пакетирования (таблица 13) в зависимости от веса груза, устанавливающего соответствие способа пакетирования, количества полученных пакетов и количества затраченных ресурсов

Таблица 13. Механизированное формирование и скрепление пакетов

Назначение	Вид операции пакетирования
Технический углерод, мука, цемент, пресс-порошок	из мешков с дисперсным сыпучим грузом
Гранулированный карбамид, сахар-песок, крупа	из мешков с зернистым сыпучим грузом
Стеклянных банок, бутылок, металлических банок	из картонных, пластмассовых и деревянных многооборотных ящиков
	из блоков групповой упаковки

## 4. Заключение

Важными механизмами повышения клиентоориентированности компаний являются систематизация и формализация услуг. Наличие систематизированного набора услуг позволяет: улучшить имидж компании, повысить надежность предоставлением услуг за счет ориентации на устоявшиеся стандарты качества; повысить скорость реакции на изменения рыночной конъюнктуры и потребностей клиентов при переформировании портфеля услуг; обеспечить постепенный переход к цифровому интеллектуальному управлению процессами декомпозиции сложных услуг до уровня формирования заданий исполнителям отдельных операций.

В работе изложены подходы к систематизации транспортных услуг. Предлагаются принципы систематизации: по видам транспорта; по содержанию; по уровням сложности, в т.ч. кодификация услуг; с позиции клиента; с позиции исполнителя; с позиции связи языков клиента и исполнителя; с точки зрения организации взаимодействия естественного и искусственного интеллектов; с применением транспортной классификации грузов.

В качестве инструментов систематизации предлагается: классификационное дерево; лингвистическая модель; логическая модель; реляционная модель.

В качестве возможных путей дальнейшего развития изложенных подходов предполагается: разработка формальной модели систематизации услуг за счет формализации процесса систематизации и развития каталога услуг; в рамках взаимодействия естественного и искусственного интеллектов использовать механизм обучения.

## Литература

1. Цыганов В.В. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза / Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. – СПб.: ИПТ РАН, 2016. – 216 с.
2. *Tsyganov V., and Savushkin S.* Modeling the Transport Complex of a Socio-economic System // Proc. of the 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – Lipetsk, Russian Federation, 2021. – P. 288–293.
3. *Cavone G., Dotoli M., and Seatzu C.* A Survey on Petri Net Models for Freight Logistics and Transportation Systems // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. –2018. –Vol. 19, № 6. – P. 1795–1813.
4. *Goncharova N.* Intelligent Transport Systems as a Way to Improve the Quality of the Rail-Truck Multimodal Freight Transportation // IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTs), Batumi, Georgia, 2019. – P. 1–7.
5. *Шаров В.А.* Разработка единого каталога услуг, оказываемых холдингом «РЖД» // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 9–15.
6. *Malygin I.G., Tsyganov V.V., Savushkin S.A., Lemiashkova A.V.* The concept of an intelligent catalog of multimodal transport services // Marine Intellectual Technologies. – 2020. – № 1. part 1. – P. 155–165.
7. *Tsyganov V.V., and Savushkin S.A.* Intellectual Catalog of Digital Rail Transport Services // Global Smart Industry Conf. (GloSIC), Chelyabinsk, Russia. – 2018. – P. 1–8.
8. *Tarasova V.N., Koshcheeva E.O., Ruchkin V.B., and Lyapina S.Y.* Model of Intelligent System for Quality Evaluation of Services on Design Stage (Transport and Logistic Business as an Example) // Int. Conf. Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), Yaroslavl, Russia, 2020. – P. 294–298.
9. *Лёвин С.Б.* Сущность технологических терминов 3PL и 4PL и принципы функционирования предприятий на их базе // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – № 7. – С. 50–53.
10. *Savushkin S.* Linguistic Model of Transportation Services Catalog // 14th Int. Conf. Management of large-scale system development (MLSD'2021). – Moscow, Russian Federation, 2021. – P. 1–5. DOI: 10.1109/MLSD52249.2021.9600180.
11. Цыганов В.В., Савушкин С.А. Каталог услуг в адаптивном организационном управлении транспортными структурами // Транспорт: наука, техника, управление. – 2017. – № 12. – С. 3–10.
12. *Savushkin S.* Logical Aspects of the Transportation Services Catalog // Proc. of the 15th International Conference Management of large-scale system development (MLSD'2022). – Moscow, Russian Federation, 2022. – P. 1–5. DOI: 10.1109/MLSD55143.2022.9934655.
13. *Savushkin S.A.* Models of Forming and Processing Packages of Transport Services // Twelfth International Conference Management of large-scale system development (MLSD'2019). IEEE. DOI: 10.1109/MLSD.2019.8910992.
14. *Войтенков С.С., Самусова Т.В., Витвицкий Е.Е.* Грузоведение. – Омск: СибАДИ, 2014. – 196 с.
15. Цыганов В.В., Савушкин С.А. Основы функционирования автоматизированного каталога услуг // Транспорт: наука, техника, управление. – 2018. – № 9. – С. 13–22.
16. Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. Сборник, Москва, 2003.
17. Грузовое судно. Википедии. <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения: 25.03.2025).
18. *Онищенко С.* Услуги морского транспорта и их специфика. Transportinform.com. <http://transportinform.com/shipping/147-uslugi-morskogo-transporta.html> (дата обращения: 25.03.2025).