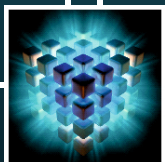


Макаренко С.И.



# Интероперабельность организационно-технических систем

Монография



С. И. Макаренко

**Интероперабельность  
организационно-технических  
систем**

Монография

Санкт-Петербург  
Наукоемкие технологии  
2024

УДК 004.057.8  
ББК 32.965.02  
М15

**Рецензенты:**

*Башлыкова Анна Александровна*, кандидат технических наук;  
*Козлов Сергей Витальевич*, кандидат технических наук, стар-  
ший научный сотрудник.

**М15 Макаренко С. И.**

Интероперабельность организационно-технических систем. Монография.  
– СПб.: Научное издание «Наукоёмкие технологии», 2024. – 313 с.

**S. I. Makarenko**

*Interoperability of organizational and technical systems*. Saint Petersburg,  
Naukoemkie Tehnologii Publ., 2024. 313 p.

ISBN 978-5-6048123-9-6

В монографии представлен анализ отечественных и зарубежных подходов к решению проблемы интероперабельности больших сложных открытых информационных организационно-технических систем (ОТС). Показано что перспективным направлением развития отечественной эталонной модели интероперабельности, представленной в ГОСТ Р 55062, является формирование *расширенной описательной модели интероперабельности ОТС*, которая бы адаптировала и интегрировала в себя лучшие зарубежные методические наработки, изложенные в SCOPE и NIF моделях.

Авторский вариант такой расширенной описательной модели интероперабельности ОТС представлен в данной монографии. Отдельные уровни расширенной модели: организационный, семантический и технический, изложены в отдельных главах, а основные аспекты и параметры на этих уровнях – в отдельных подразделах монографии.

Представленные в работе материалы, на взгляд автора, могут быть полезными для проектировщиков больших и сложных ОТС, конструкторов, ведущих информационную интеграцию существующих систем, соискателей научных степеней, исследующих интероперабельность систем широкого класса.

УДК 004.057.8  
ББК 32.965.02

Напечатано с оригинал-макета, подготовленного автором.

© Макаренко С.И., 2024

© Издательство «Наукоёмкие технологии», 2024

ISBN 978-5-6048123-9-6



*С чувством глубокого уважения посвящаю свою работу одному из главных российских новаторов, с 1990-х годов находящемуся в авангарде отечественных исследований в области интероперабельности, – доктору технических наук, профессору **Александру Яковлевичу Олейникову**.*

*Именно благодаря его подвижническим усилиям и кипучей жизненной энергии были поставлены первые российские работы в этой области, разработаны первые отечественные госстандарты и способы обеспечения интероперабельности в системах самого широкого спектра: в промышленности, в экономике, в медицине, в электронной коммерции, в робототехнике и в военном деле.*

*Благодаря Александру Яковлевичу к разрешению проблемы интероперабельности были привлечены многие отечественные ученые, в том числе и я, для которых работа в этой области стала интересным и многолетним направлением исследований, а непрерывная работа Александра Яковлевича по популяризации этой тематики среди широкого круга руководителей российских предприятий промышленности и учреждений науки привело к признанию проблемы интероперабельности на высоком государственном уровне.*

## Оглавление

Введение .....	12
<b>Часть I. ВВЕДЕНИЕ В ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ .....</b>	<b>22</b>
1. ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ОТС .....	22
1.1. Ретроспективный анализ возникновения и развития интероперабельности ОТС .....	22
1.1.1. Появление и развитие сети Интернет, как первый шаг к постановке проблемы обеспечения интероперабельности больших гетерогенных информационных ОТС .....	22
1.1.2. Проектирование больших корпоративных и военных информационных систем, как начало системных исследований вопросов обеспечения интероперабельности ОТС.....	26
1.1.3. Исследование вопросов обеспечения интероперабельности ОТС в России .....	30
1.2. Основные зарубежные подходы к формализации интероперабельности ОТС .....	32
1.2.1. Общие подходы к обеспечению интероперабельности .....	32
1.2.2. LISI-модель .....	33
1.2.3. SCOPE-модель .....	36
1.2.4. Концепция DODAF .....	39
1.2.5. Руководство NIF .....	41
1.3. Отечественный подход к формализации интероперабельности ОТС .....	42
1.3.1. Эталонная модель интероперабельности.....	43
1.3.2. Методика достижения интероперабельности .....	46
1.3.3. Разработка расширенной отечественной описательной модели интероперабельности ОТС путем переработки SCOPE-модели.....	47
1.3.4. Дополнение расширенной отечественной описательной модели интероперабельности ОТС частными положениями из NIF-модели .....	49
Основные выводы по 1 главе .....	50

<b>Часть II. РАСШИРЕННАЯ ОПИСАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ОТС</b> .....	53
2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ .....	59
2.1. Концептуальная модель интероперабельности ОТС.....	59
2.1.1. Схема модели, основные процессы, категории и объекты .....	60
2.1.2. Интероперабельность основных процессов, категорий и объектов в составе модели .....	63
2.1.2.1. Интероперабельность на организационном уровне .....	63
2.1.2.2. Интероперабельность на семантическом уровне.....	64
2.1.2.3. Интероперабельность на техническом уровне.....	65
2.1.3. Межуровневая связь интероперабельности через совместные процессы, категории и объекты.....	65
2.1.4. Требования, предъявляемые к информации, к подсистемам связи и управления ОТС .....	67
2.2. Нормативно-правовая база, регламентирующая вопросы обеспечения интероперабельности.....	69
2.2.1. Документы, регламентирующие обеспечение интероперабельности .....	70
2.2.1.1. Типы документов .....	70
2.2.1.2. Организационный уровень.....	72
2.2.1.3. Семантический уровень.....	73
2.2.1.4. Технический уровень.....	74
2.2.2. Ширина регламентации вопросов интероперабельности .....	75
2.2.2.1. Степень охвата целей и задач .....	77
2.2.2.2. Степень охвата числа функций.....	77
2.2.2.3. Степень охвата взаимодействующих элементов .....	78
2.2.2.4. Степень охвата структуры и плотности информационных связей, учет интенсивности информационного обмена взаимодействующих элементов .....	79
2.2.2.5. Дополнительные аспекты, которые нужно учитывать при оценке ширины регламентации вопросов интероперабельности .....	79
2.2.3. Глубина регламентации вопросов интероперабельности .....	80

2.3. Параметры организации, влияющие на интероперабельность.....	81
2.3.1. Тип и назначение организационной системы .....	83
2.3.2. Среда и контекст функционирования организационной системы.....	83
2.3.3. Размер организационной системы.....	85
2.3.3.1. Масштаб организационной системы.....	85
2.3.3.2. Степень гетерогенности организационной системы .....	87
2.3.4. Структура и принципы управления.....	88
2.3.4.1. Иерархическая система управления .....	89
2.3.4.2. Сетевая система управления .....	91
2.3.4.3. Сетецентрическая система управления.....	91
2.3.5. Структура информационных связей и принципы информационного взаимодействия .....	93
2.3.6. Барьеры интероперабельности.....	94
2.3.6.1. Барьеры интероперабельности бизнеса .....	94
2.3.6.2. Барьеры интероперабельности процессов .....	94
2.3.6.3. Барьеры интероперабельности услуг .....	95
2.3.6.4. Барьеры интероперабельности данных.....	95
2.3.7. Изменчивость.....	96
2.4. Параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла организационных систем.....	96
2.5. Параметры готовности организационных систем к взаимодействию между собой .....	98
2.5.1. Уровни готовности организационной системы к взаимодействию с другими системами .....	98
2.5.2. Уровни готовности организационной системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнеса, процессов, служб и данных.....	101
2.5.3. Уровни готовности среды взаимодействия .....	104
2.5.4. Степени функциональной совместимости систем.....	104
Основные выводы по 2 главе .....	105
3. СЕМАНТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ.....	107
3.1. Мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС.....	108

3.1.1. Классификация агентов в ОТС .....	108
3.1.2. Общая схема семантического взаимодействия агентов в ОТС .....	110
3.2. Семантическая совместимость взаимодействия .....	113
3.2.1. Общие особенности межагентного взаимодействия в ОТС .....	113
3.2.2. Основные составляющие взаимодействия агентов .....	116
3.2.2.1. Модель знаний агента .....	116
3.2.2.2. Информация, которой обмениваются агенты .....	119
3.2.2.3. Цель взаимодействия агентов .....	123
3.2.2.4. Предметная область взаимодействия .....	124
3.2.2.5. Контекст взаимодействия .....	125
3.2.3. Особенности взаимодействия и семантическая совместимость технических агентов .....	125
3.2.3.1. Взаимодействие интеллектуальных агентов .....	125
3.2.3.2. Взаимодействие интеллектуального агента с реактивным агентом .....	127
3.2.3.3. Взаимодействие реактивных агентов .....	129
3.2.4. Особенности взаимодействия и семантической совместимости агентов-пользователей .....	130
3.2.4.1. Синтаксическая и лингвистическая совместимость .....	130
3.2.4.2. Совместимость знаний и понятий в предметных областях .....	133
3.2.4.3. Особенности вербального (речевого) взаимодействия .....	137
3.2.5. Проблемы передачи неявной информации и формирования неявных знаний при семантическом взаимодействии .....	137
3.3. Контекстные параметры взаимодействия .....	140
3.4. Зависимость семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики .....	143
3.4.1. Факторы индивидуальных психических особенностей и психического состояния .....	143
3.4.1.1. Темперамент .....	144
3.4.1.2. Характер .....	146
3.4.1.3. Способности .....	147
3.4.1.4. Чувства и эмоции .....	147



3.4.1.5. Воля.....	148
3.4.1.6. Психические состояния .....	149
3.4.2. Факторы роли и выполняемых обязанностей, типа организации, структуры управления и корпоративной культуры .....	150
3.4.3. Факторы ориентированности человека на следование целям, инструкциям и поведенческим шаблонам той организационной системы, частью которой он является .....	154
3.4.4. Контекст человеческого взаимодействия .....	155
3.5. Параметры семантической интероперабельности человеко-машинных интерфейсов .....	156
Основные выводы по 3 главе .....	158
4. ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ.....	160
4.1. Параметры совместимости и переносимости данных.....	161
4.1.1. Общие аспекты совместимости и переносимости данных .....	161
4.1.2. Формируемые данные: файлы, потоки данных.....	167
4.1.3. Передаваемые данные: пакеты сетевых протоколов, потоки блоков данных.....	171
4.1.4. Хранимые данные: базы и хранилища .....	172
4.1.4.1. Файловые хранилища .....	173
4.1.4.2. Базы данных .....	174
4.1.4.3. Базы знаний.....	175
4.1.4.4. Большие данные .....	177
4.1.5. Обрабатываемые данные: аппаратно-программная платформа.....	179
4.1.5.1. Уровень аппаратных средств .....	180
4.1.5.2. Уровень операционной системы и системного программного обеспечения.....	181
4.1.5.3. Уровень пользовательского программного обеспечения .....	183
4.1.6. Данные, представляемые пользователю .....	184
4.2. Параметры совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания .....	184
4.2.1. Совместимость сетевых протоколов .....	185
4.2.2. Совместимость сетевых интерфейсов.....	188

4.2.3. Совместимость требований по качеству обслуживания .....	189
4.3. Параметры совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации .....	195
4.3.1. Параметры формирования, передачи, хранения, обработки и представления информации при работе с информационными ресурсами .....	196
4.3.1.1. Параметры формирования информации .....	197
4.3.1.2. Параметры передачи данных .....	198
4.3.1.3. Параметры хранения данных .....	198
4.3.1.4. Параметры обработки данных .....	199
4.3.1.5. Параметры представления информации .....	201
4.3.2. Параметры обнаружения, поиска и доступа к информационным ресурсам .....	202
4.3.2.1. Параметры обнаружения информационного ресурса .....	202
4.3.2.2. Полнота описания информационного ресурса .....	204
4.3.2.3. Параметры метаданных информационного ресурса .....	205
4.3.2.4. Механизм оповещения об информационном ресурсе, его доступности и порядке доступа к нему .....	206
4.3.2.5. Необходимость формирования предварительной договоренности перед началом взаимодействия с информационным ресурсом .....	207
4.3.3. Параметры управления информационными ресурсами и услугами в системе .....	207
4.3.3.1. Параметры динамического предоставления информационных услуг .....	208
4.3.3.2. Параметры динамического конфигурирования информационных ресурсов и услуг .....	209
4.3.3.3. Уровень качества обслуживания при предоставлении информационных услуг .....	210
4.4. Параметры автоматизации процессов управления и сетевого взаимодействия .....	212
4.4.1. Общие факторы и аспекты, влияющие на автоматизацию принятия решений и сетевого взаимодействия в ОТС .....	212
4.4.2. Автоматизация процессов управления и принятия решений .....	215
4.4.2.1. Степень автоматизации принятия решений .....	216

4.4.2.2. Степень автоматизации управления.....	217
4.4.2.3. Степень автоматизации оценивания адекватности принятых решений и выполняемых действий .....	218
4.4.2.4. Степень автоматизации человеко-машинного взаимодействия.....	218
4.4.3. Автоматизация сетевого взаимодействия.....	219
4.4.3.1. Степень автоматизации управления сетевой инфраструктурой .....	222
4.4.3.1.1. Степень автоматизации конфигурирования сети .....	222
4.4.3.1.2. Степень автоматизации процедур оптимизации производительности сети .....	223
4.4.3.1.3. Степень автоматизации процедур обеспечения качества обслуживания в сети .....	224
4.4.3.1.4. Степень автоматизации процедур восстановления работоспособности сети при отказах .....	224
4.4.3.2. Степень автоматизации процедур защиты сети от преднамеренных дестабилизирующих воздействий .....	225
4.4.3.3. Степень автоматизации процедур обеспечения информационной безопасности в сети .....	226
4.5. Параметры информационной безопасности.....	227
4.5.1. Объекты, процессы и этапы жизненного цикла данных для которых требуется обеспечение информационной безопасности .....	229
4.5.2. Показатели информационной безопасности .....	230
4.6. Параметры эргономики человеко-машинных интерфейсов.....	233
4.7. Параметры готовности объектов и систем к взаимодействию между собой .....	236
4.7.1. Уровни технологической готовности технологий и объектов для интеграции в систему и между собой .....	237
4.7.2. Уровни готовности систем к взаимодействию.....	241
4.7.3. Уровни готовности системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнес-процессов, информационных процессов и служб, данных .....	242
4.7.4. Уровни готовности среды взаимодействия .....	244
4.7.5. Степени функциональной совместимости систем.....	244

4.8. Параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла технических систем.....	245
4.8.1. Основные модели жизненного цикла технических систем .....	245
4.8.1.1. Жизненный цикл автоматизированных систем, в соответствии со стандартом ГОСТ Р 59793-2021 .....	247
4.8.1.2. Жизненный цикл продукции, в соответствии с рекомендациями Р 50-605-80-93 .....	249
4.8.1.3. Жизненный цикл систем, в соответствии с моделью управления закупками Министерства обороны США .....	251
4.8.1.4. Жизненный цикл автоматизированных систем, в соответствии с моделью национальной ассоциации профессиональных инженеров NSPE .....	252
4.8.1.5. Жизненный цикл программного обеспечения, в соответствии со стандартом ISO/IEC 12207 .....	252
4.8.1.6. Жизненный цикл систем, в соответствии со стандартом ISO/IEC/IEEE 15288:2015 .....	255
4.8.2. Мероприятия обеспечения интероперабельности на каждой типовой стадии жизненного цикла системы .....	256
Основные выводы по 4 главе .....	257
Заключение .....	260
Список сокращений .....	261
Глоссарий терминов и определений.....	267
Литература .....	298

## Введение

Рубеж XX – XXI веков ознаменовался информационно-технической революцией, которая характеризуется факторами всемирного доступа к глобальному информационному пространству и широким распространением высокопроизводительных средств формирования, передачи и обработки информации. Достижения информационно-технической революции были использованы для создания новых информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), внедрение которых позволило в кратчайшие сроки развернуть по всему миру глобальную информационную инфраструктуру, представляющую потребителям принципиально новые сервисы по передаче и обработке информации.

Вместе с тем, вышеуказанные положительные тенденции, привели к обострению сначала проблемы технической совместимости различных средств передачи и обработки информации, затем – проблемы совместимости протоколов и интерфейсов средств связи и программного обеспечения (ПО) обработки информации, а в итоге – к формулированию глобальной проблемы обеспечения интероперабельности. Здесь *под интероперабельностью понимается способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена.* По сути, интероперабельность – свойство различных компонентов системы беспрепятственно обмениваться информацией между собой, правильно интерпретировать полученную информацию и эффективно ее использовать для решения целевых задач. Причем проблематика обеспечения интероперабельности относится к подавляющему числу современных больших систем, которые обеспечивают формирование, передачу, хранение, обработку и представление информации. К таким системам можно отнести: системы государственного и корпоративного управления; системы управления войсками и оружием; информационные системы промышленных комплексов и управления технологическими процессами; системы управления транспортом и логистикой перевозок; системы управления экономическими процессами, биржевой торговли, электронной коммерции; информационные системы в здравоохранении и т.д.

Проблема обеспечения интероперабельности является довольно многогранной и включает в себя множество различных аспектов на 3-х ее уровнях: организационном, семантическом и техническом. К настоящему времени в отечественной науке развернут широкий фронт работ в области исследования интероперабельности. Данные исследования были начаты в 1990-х годах при активном участии:

- академика Российской академии наук (РАН) Ю.В. Гуляева в рамках исследований [1-3], посвященных открытым системам;
- лауреата Государственной премии СССР в области науки и техники, профессора Л.А. Калиниченко, в рамках исследований [171-174], посвященных разработке методов интеграции неоднородных информационных и программных ресурсов в распределенных системах, композиционных методов проектирования распределённых систем из ком-

- понентов, методов и средств организации решения задач в инфраструктурах множественных неоднородных информационных ресурсов;
- профессора В.К. Батоврина, в рамках исследований [3, 175], посвященных исследованию проблем развития открытых систем с точки зрения теории и методов системной и программной инженерии и IT-стандартизации.

В дальнейшем работы Ю.В. Гуляева получили свое самостоятельное развитие в виде широкомасштабных комплексных исследований проблемы интероперабельности, с обоснованием конкретных мер по нормативно-методическому регулированию системных и технологических решений по обеспечению интероперабельности автоматизированных информационных и управляющих систем на протяжении более 20 лет ведутся специалистами отечественной научной школы, возглавляемой сотрудником Института радиотехники и электроники (ИРЭ) им. В.А. Котельникова РАН профессором А.Я. Олейниковым. Данная научная школа объединила многих специалистов из самых разных городов и областей исследований. Под руководством и при непосредственном участии А.Я. Олейникова в период 1995-2015 гг. были получены значимые частные результаты в области интероперабельности для информационных систем самого широкого класса и назначения – в здравоохранении [4, 5], в электронной коммерции [6], в образовательном процессе [7], в научных исследованиях [8], в облачных вычислениях [9], в промышленности [10, 11], а также в области обеспечения обороноспособности нашей страны [11-14]. Основным интегральным результатом этого периода исследований можно считать ГОСТ Р 55062-2012 [15], впервые фиксирующий отечественную эталонную модель интероперабельности и методику ее достижения.

Начиная с середины 2010-х годов научная школа профессора А.Я. Олейникова приступила к комплексным исследованиям интероперабельности в крупномасштабных информационных системах, с частично децентрализованным управлением, в которых все функционально-разнородные подсистемы и элементы объединяются на базе единого информационного пространства (ЕИП) – сетцентрических информационно-управляющих систем (СЦИУС). Начальными работами в этом направлении можно считать [16, 17], а дальнейшем развитием этого направления исследований – работы [18-54]. Переход исследований интероперабельности от учета специфики различных частных отраслей (здравоохранения, образования, промышленности, военного дела и т.д.) к ориентации на большие гетерогенные системы, функционирующие на основе ЕИП (в частности – СЦИУС), позволил получить ряд интересных обобщенных научных и практических результатов – это фиксация проблем и барьеров интероперабельности в отечественных информационных системах [51, 52, 54], предложения по использованию задела ведущих зарубежных стран, в особенности – задела международного консорциума NCOIC (Network Centric Operations Industry Consortium) [80], для ускоренного решения проблем обеспечения интероперабельности в России [18, 19, 22, 28], разработка концепции обеспечения интероперабельности СЦИУС [53], формирование множества частных решений по отдельным аспектам обеспечения интероперабельности в СЦИУС на семанти-

ческом и техническом уровнях [20, 21, 23, 25-27, 29-33], формирование решений по использованию процессного подхода для решения проблемы интероперабельности на организационном и техническом уровнях [39-42, 44], а также получить новый основной результат – ГОСТ Р 70569-2022 [55]. Проведенный фронт исследований позволил сформировать научные подходы к созданию и/или информационному сопряжению больших информационных ОТС, например, таких как региональные ситуационные центры [56-60], системы военного управления вооруженными силами и оружием [13, 61], космические информационно-управляющие системы России [24], системы управления беспилотным транспортом, в частности – беспилотными летательными аппаратами [47-49].

В последние годы (2020-2023 гг.) комплексные системные исследования по тематике интероперабельности гетерогенных информационных систем проводит Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН (ФИЦ ИУ РАН) [19, 39-44] при активном взаимодействии с профессором А.Я. Олейниковым. Отдельные аспекты проблемы интероперабельности в настоящее время исследуются и специалистами в других областях, в том числе в области здравоохранения – В.А. Дрогвозом [176-178], в области государственного управления – Ю.М. Акаткиным и Е.Д. Ясиновской [100, 179], Е.В. Франгуловой [180], в области транспортных систем (в т. ч. в области железнодорожного транспорта) – И.Н. Розенбергом, С.К. Дулиным, Н.Г. Дулиным [195], А.В. Озеровым [196], А.С. Синицыной, А.Г. Некрасовым [197], в области создания «цифровых двойников» – М.Ю. Охтилевым, В.Н. Коромысличенко, П.А. Охтилевым, А.Э. Зянчуриным, В.И. Васильевым [193], Ф.С. Непшей, А.А. Андриевским, М.И. Красильниковым [194], Д.А. Гапановичем, В.А. Тарасовой, В.А. Сухомлином, В. П. Куприяновским [198], в области обороноспособности государства – М.Н. Осипенковым, И.Н. Узякаевым [199], в области цифровизации экономики – В.М. Ячменевой, Е.Ф. Ячменевым [200], И.Г. Акперовым, В.В. Храмовым [201]. Все это подтверждает актуальность, высокую научную и практическую значимость обеспечения интероперабельности, как междисциплинарной проблемы.

Необходимо отметить, что в ряде отечественных исследований понятие «интероперабельность» заменяется аналогичным понятием «функциональная совместимость». При этом в различных стандартах и руководящих документах под функциональной совместимостью понимаются несколько различающиеся аспекты, но в целом они семантически эквивалентны понятию «интероперабельность», что подчеркивается в соответствующих ГОСТах указанием понятия «интероперабельность» с скобочках:

- *функциональная совместимость (интероперабельность)* – способность двух и более систем (компьютеры, устройства связи, сети, программное обеспечение и другие компоненты информационных технологий) взаимодействовать друг с другом и обмениваться информацией предписанным методом для получения предсказуемого результата [186];
- *функциональная совместимость (интероперабельность)* – способность двух или более сетей, систем, устройств, приложений или ком-

понентов обмениваться информацией и, при этом, использовать полученную информацию [187];

- *функциональная совместимость (интероперабельность)* – способность двух или более систем или приложений проводить обмен информацией и совместное использование обмениваемой информации [188];
- *функциональная совместимость* – способность систем обеспечить совместную работу между собой или с другими системами по обмену информацией без дополнительных сопрягающих устройств [189].

Несмотря на широкий фронт исследований, посвященный тематике интероперабельности, в настоящее время подавляющая часть работ в этой области относится к информационному взаимодействию конкретных технических систем, то есть к технической интероперабельности. В этих работах не ставится задача формирования единой общей модели интероперабельности ОТС одновременно на организационном, семантическом и техническом уровнях. Более того, в работах по интероперабельности СЦИУС, не ставятся задачи по обобщению полученных результатов на более широкий класс систем – больших/сложных открытых информационных ОТС.

Под большой/сложной открытой информационной ОТС, которая «по умолчанию» рассматривается в данной работе и в дальнейшем упоминается как просто ОТС, понимается система, одновременно проявляющая признаки и свойства систем нескольких классов [62]:

- *организационно-технической системы* – системы, представляющей собой множество взаимосвязанных технических средств, персонала и пользователей, организованных и функционирующих для достижения одной или нескольких поставленных целей;
- *информационной системы* – системы, предназначенной для формирования, передачи, хранения, поиска, обработки и представления информации, а также соответствующие ресурсы (организационные, технические, финансовые и т.д.), которые обеспечивают данные процессы;
- *открытой системы* – системы, которая непрерывно взаимодействует с внешней средой или другими системами. Взаимодействие может принять форму обмена информацией, энергией или материальных объектов;
- *сложной системы* – системы, состоящей из множества взаимодействующих подсистем, вследствие чего она приобретает новые эмерджентные свойства как единое целое, которые не могут быть сведены к свойствам взаимодействия отдельных подсистем. Помимо эмерджентных свойств, дополнительно к признакам сложной системы относят: а) отсутствие строго формализованного описания системы или алгоритма ее функционирования; б) трудность в наблюдаемости и управляемости такой системы, обусловленная большим числом второстепенных (по отношению к цели управления) процессов; в) наличие множества целей функционирования (управления); г) нестационарность системы, выражающаяся в изменении характеристик и парамет-



ров, а также структурная или функциональная эволюция системы во времени; д) невозпроизводимость экспериментальных исследований с системой;

- *большой системы* – в узком (размерностном) смысле: это такая система, которая состоит из большого числа функционально-разнородных, полуавтономных, пространственно-распределенных подсистем и компонент, исследование которых невозможно провести в целом, с полным сохранением детального описания компонент при использовании известных научных методов. Это означает, что основными путями исследования подобных систем являются их декомпозиция, исследование по частям и агрегирование. В широком смысле: это система повышенной сложности (так называемая, суперсложная система или система систем). Для этой системы сложность трактуется в обобщенном смысле и включает в себя как аспекты размерности системы (аналогично понимаю большой системы в узком смысле), так и аспекты более явного проявления свойств сложности при объединении нескольких сложных систем, а также аспект полимодельного представления, когда для исследования такой системы требуется построение разнотипных моделей и применение различных теоретических подходов.

Отметим, что ОТС может не проявлять свойств сложной системы, но быть большой в узком смысле понимания термина «большая система». В этом случае можно говорить о большой ОТС. Когда же система состоит из небольшой группы структурно и функционально однородных компонент, но, несмотря на это, проявляет признаки сложности, то уместно говорить о сложной ОТС без упоминания аспекта размерности.

Примером и частным случаем большой сложной открытой информационной ОТС может являться СЦИУС государственного, военного или корпоративного назначения. Другим примером такой ОТС может являться информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Для учета частных параметров интероперабельности в сетевых ОТС консорциумом NCOIC была разработана модель «Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises Model for Interoperability Assessment» (SCOPE-модель) [63]. В работе [22] был обоснован общий вариант адаптации SCOPE-модели к отечественной эталонной модели интероперабельности, представленной в ГОСТ Р 55062 [15].

В данной монографии представлен вариант расширенной отечественной описательной модели интероперабельности ОТС. В основу данной модели положено обобщение цикла ранее изданных статей автора [18-35], которые, в свою очередь, посвящены вопросам переработки SCOPE-модели [63] в направлении ее гармонизации с отечественной эталонной трехуровневой моделью интероперабельности, представленной в ГОСТ Р 55062 [15].

Материал монографии логически декомпозирован на 2-е части.

Часть I «Введение в интероперабельность» состоит из одной главы – главы 1 «Интероперабельность ОТС». В этой главе проведен ретроспективный анализ возникновения и развития исследований в области обеспечения интеро-

перабельности ОТС. Показано, что первым шагом к формулированию проблемы интероперабельности стало появление и развитие сети Интернет, как большой гетерогенной информационной ОТС. Дальнейшее внедрение больших корпоративных и военных информационных ОТС положило начало системным исследованиям вопросов обеспечения интероперабельности. Представлен краткий анализ проведенных исследований в области интероперабельности в России и за рубежом. Показано что в период с 1990-х гг. ведущие зарубежные страны, в первую очередь США и Западной Европы, разработали большое количество теоретических положений, позволяющих на практике обеспечить интероперабельность больших информационных ОТС. К таким положениям можно отнести: нисходящий и восходящий подходы к обеспечению интероперабельности; LISI-модель; SCOPE-модель; концепцию DODAF; руководство NIF. При этом в России системные исследования обеспечения интероперабельности ОТС выдуться только с 2007 г., однако, в существенно меньшем масштабе и при этом, к сожалению, эти исследования слабо увязаны с насущной проблемой преодоления отечественного отставания в области ИКТ-технологий. Основные российские результаты в области обеспечения интероперабельности представлены эталонной моделью интероперабельности, методикой обеспечения интероперабельности, представленными в ГОСТ Р 55062 [15], а также направлениями адаптации вышеуказанных зарубежных положений к российской практике построения информационных ОТС. Обосновано, что одним из основных направлений совершенствования отечественной модели интероперабельности является заимствование подходов к формализации и отдельных параметров из SCOPE и NIF моделей с последующей их адаптацией и интеграцией в расширенную описательную модель интероперабельности ОТС. Представлена обобщенная структура такой расширенной описательной модель интероперабельности ОТС (п. 1.3.3 – рис. 1.12), а также предложения по дополнению данной конкретными параметрами из SCOPE и NIF моделей. В основу 1-ой главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора [18, 22, 32].

Часть II «Расширенная описательная модель интероперабельности ОТС» состоит из 2...4 глав монографии и посвящена подробному изложению сути и содержания расширенной описательной модели интероперабельности ОТС на 3-х уровнях – организационном (во 2-й главе), семантическом (в 3-й главе) и техническом (в 4-й главе).

Во 2-й главе монографии «Организационный уровень интероперабельности» разработана концептуальная модель интероперабельности ОТС, которая, по мнению автора, представляет собой базис, в рамках которого взаимодействуют основные процессы, категории и объекты ОТС, а именно: цели и задачи организации; бизнес-процессы; персонал организации; информационные процессы; технические средства (как интеллектуальные, так и реактивные); данные, информация, знания; нормативно-правовая база; другие частные параметры организации, влияющие на интероперабельность. Описана суть интероперабельности на организационном, семантическом и техническом уровнях, межуровневые связи интероперабельности через совместные процессы, категории и

объекты ОТС. Представлены требования, предъявляемые к информации, к подсистемам связи и управления ОТС. Проведен анализ содержания и сути нормативно-правовой базы, регламентирующей вопросы обеспечения интероперабельности. Представлены основные типы документов, а также содержание этих документов, применительно к организационному, семантическому и техническому уровням интероперабельности. Показано, что фундаментальным документом, обеспечивающим интероперабельность взаимодействующих ОТС является *профиль интероперабельности* – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций, регламентов и других документов, организованных в соответствии с уровнями интероперабельности, ориентированный на описание информационного взаимодействия конкретных систем определенного класса. Представлены количественные показатели ширины и глубины регламентации интероперабельности. Рассмотрены основные параметры организационной системы, влияющие на интероперабельность: тип и назначение организационной системы; среда и контекст функционирования системы; размер организационной системы: масштаб системы; степень гетерогенности системы; структура и принципы управления: иерархические; сетевые; сетцентрические; структура информационных связей и принципы информационного взаимодействия; наличие барьеров организационной интероперабельности, относительно: бизнеса; процессов; услуг; данных; изменчивость. Представлены параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла организационных систем. Выявлены параметры готовности организационных систем к взаимодействию между собой. В основу 2-й главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора и его учеников [22, 34, 35, 105].

В 3-й главе монографии «Семантический уровень интероперабельности» разработана мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС, которая, по мнению автора, представляет собой базис, в рамках которого могут формализовываться и исследоваться процессы семантического взаимодействия различных компонентов ОТС – как организационных, так и технических. Показано, что пользователи и персонал в составе ОТС могут быть формализованы как агенты-пользователи (АП), а технические средства и подсистемы – как технические агенты (ТА). При этом ТА могут быть, в зависимости от своей сущности, дополнительно классифицированы на интеллектуальные ТА (ИТА), которые могут выполнять интеллектуальные функции, обычно свойственны человеку, и реактивные ТА (РТА), которым свойственны простые реакции типа «входное воздействие – реакция». Предложено понятие «взаимодействие» как свертка категорий «информация», «цель взаимодействия», «предметная область взаимодействия», «контекст взаимодействия». Рассмотрена семантическая совместимость взаимодействия агентов различных типов в ОТС – представлены особенности и основные составляющие межагентного взаимодействия, значимые для правильной интерпретации смысла обмениваемой информацией. Представлены особенности взаимодействия и семантическая совместимость ТА, как интеллектуальных, так и реактивных. Рассмотрены особенности взаимодействия и семантическая совмести-

мость АП, в том числе такие как: синтаксическая и лингвистическая совместимость, совместимость знаний и понятий в предметных областях, особенности вербального (речевого) взаимодействия. Подняты проблемы передачи неявной информации и формирования неявных знаний при семантическом взаимодействии, как АП, так и ИТА. Представлены контекстные параметры взаимодействия. Ввиду высокой зависимости семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики рассмотрены основные «человеческие факторы», определяющие интерпретацию смысла информации, циркулирующей в ОТС, в том числе такие как: психические состояния, выполняемые обязанности, тип организации, корпоративная культура, поведенческие шаблоны, контекст человеческого взаимодействия (национальный, религиозный, исторический и т.д.). Указаны, но подробно не рассмотрены, основные параметры семантической интероперабельности человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ), которые ранее были в довольно полном виде представлены в работе [32]. В основу 3-ей главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора [25, 26, 29, 30, 32].

В 4-ой главе «Технический уровень интероперабельности» рассмотрены параметры совместимости и переносимости данных, как знаково-символьной формы представления информации. На основании этого рассмотрения показано, что понятия совместимости и переносимости данных нужно рассматривать применительно к данным двух типов: данные, содержащие пользовательскую или полезную информацию; программы – данные, предназначенные для обработки данных первого типа (исходные тексты, исполнительные коды, сценарии или инструкции программ). При этом для обеспечения полной совместимости и переносимости данных эти свойства должны реализовываться на всех этапах жизненного цикла данных, с учетом особенностей использования в ОТС различных аппаратно-программных платформ: на этапе формирования данных; на этапе передачи и сбора; на этапе хранения; на этапе обработки; на этапе представления и использования данных. Представлены параметры совместимости протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания в сетевой инфраструктуре ОТС. Показано, что совместимость протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания в сетевой инфраструктуре ОТС должна обеспечиваться в соответствии с моделью Open Systems Interconnect (OSI). Проведен анализ аспектов совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации. Показано, что для количественной оценки вышеуказанных аспектов в рамках оценки технической интероперабельности ОТС, можно использовать следующие частные параметры: параметры формирования, передачи, хранения, обработки и представления информации при работе с информационными ресурсами (ИР); параметры обнаружения, поиска и доступа к ИР; параметры управления информационными ресурсами и услугами в системе. Предложены параметры автоматизации процессов управления и сетевого взаимодействия. Показано, что автоматизация процессов управления и принятия решений может определяться: степенью автоматизации принятия решений; степенью автоматизации управления; степенью автоматизации оценивания адекватности принятых решений и выполняемых дей-

ствий; степенью автоматизации человеко-машинного взаимодействия; а автоматизация сетевого взаимодействия: степенью автоматизации управления сетевой инфраструктурой; степенью автоматизации процедур защиты сети от преднамеренных дестабилизирующих воздействий; степенью автоматизации процедур обеспечения информационной безопасности в сети. Проведен анализ аспектов информационной безопасности ОТС, предложены основные и дополнительные параметры их оценки в ОТС. Указаны, но подробно не рассмотрены, основные параметры технической интероперабельности ЧМИ, которые ранее были в довольно полном виде представлены в работе [32]. Представлены параметры готовности объектов и систем к взаимодействию между собой. Проведен анализ основных моделей жизненного цикла технических систем. Сформулированы мероприятия обеспечения интероперабельности на каждой типовой стадии жизненного цикла системы. В основу 4-ой главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора [20, 21, 23, 27, 31, 32].

При составлении глоссария терминов и определений в области интероперабельности использовался российский стандарт ГОСТ Р 59796 [182] и дополняющий его справочник автора [183].

Монография не претендует на окончательную верность и полноту изложения всей затронутой проблематики. Представленный в монографии вариант расширенной отечественной описательной модели интероперабельности ОТС, на взгляд автора, не может считаться окончательным и представляется в качестве начальной версии, в надежде, что другие ученые и специалисты продолжат дело автора и займутся развитием, уточнением и формализацией представленной расширенной модели. Другим, по мнению автора, не менее важным, направлением приложения усилий российских ученых может быть разработка отечественного руководства по обеспечению интероперабельности – аналога документа NIF (NCOIC Interoperability Framework) [64].

Материал монографии ориентирован на подготовленного читателя, имеющего базовые знания в области интероперабельности, функционирования информационных и организационно-технических систем. Работа может быть полезна проектировщикам, ведущим интеграцию разнородных информационных систем различных организаций, специалистам в области проектирования сложных технических систем, научным работникам, соискателям ученой степени. Автор надеется, что его труд найдет своего читателя, а для кого-то, возможно, окажется своеобразной отправной точкой в дальнейших исследованиях.

### **Благодарности**

Автор выражает благодарность рецензентам: кандидату технических наук, старшему научному сотруднику С.В. Козлову, кандидату технических наук А.А. Башлыковой, за поиск ошибок и неточностей при рецензировании монографии, за множество ценных предложений, которые способствовали значительному улучшению качества работы, ее полноты и ясности, а также ориентированности на читателя.

Данная монография, никогда бы не состоялась, если бы доктор технических наук, профессор А.Я. Олейников не привлек бы автора к исследованиям в области интероперабельности. Автор благодарит его за это новое интересное направление исследований, качественное обсуждение этой тематики, высказанные советы и рекомендации. Именно деятельность А.Я. Олейникова послужила отправной точкой начала широкого фронта работ по тематике интероперабельности у нас в России. Отдавая дань гигантскому вкладу Александра Яковлевича в разработку отечественных научно-практических основ интероперабельности и подвижническим усилиям по развитию этой тематики в России, я посвящаю эту монографию именно ему.

Плодотворные исследования в области интероперабельности ОТС стали возможными благодаря тем людям, которые помогали, поддерживали, направляли, критиковали и всячески способствовали автору в его исследованиях. Автор выражает благодарность за доброжелательную критику, научную и организационную поддержку, а также за плодотворное общение всем тем, с кем он обсуждал вопросы интероперабельности на встречах, семинарах, конференциях, в особенности: кандидату технических наук доценту А.А. Башлыковой; кандидату технических наук П.А. Охтилеву; кандидату физико-математических наук, доценту Д.В. Растягаева; О.С. Соловьевой; кандидату технических наук, старшему научному сотруднику С.В. Козлову; А.А. Нестерову; Т.Е. Черницкой; кандидату технических наук И.А. Фомину. Кроме того, автор считает своим долгом поблагодарить всех тех специалистов, которые внесли свой научный и исторический вклад в развитие отечественных основ интероперабельности, в особенности – академика РАН Ю.В. Гуляева, профессоров Л.А. Калининченко и В.К. Батоврина.

Автор будет рад сотрудничеству в области исследований интероперабельности, а также конструктивным замечаниям и предложениям по содержанию монографии. Замечания и предложения прошу направлять по электронному адресу [mak-serg@yandex.ru](mailto:mak-serg@yandex.ru).

# Часть I. ВВЕДЕНИЕ В ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ

## 1. Интероперабельность ОТС

*Интероперабельность* – способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена [15, 65].

Термин «интероперабельность», отражает ключевое свойство открытых информационных ОТС и их компонентов взаимодействовать между собой за счет бесшовного обмена информацией между собой. Различные частные аспекты интероперабельности могут быть выражены такими понятиями как «открытость», «способность к интеграции», «информационная совместимость», «информационное взаимодействие» и т.д.

В процессе своего развития понятие «интероперабельность» прошло долгий путь от понимания ее как технической совместимости технических систем связи и управления, до комплексного свойства больших гетерогенных информационных ОТС, обеспечивающих формирование, передачу, хранение, обработку и представление информации пользователю на организационном, семантическом и техническом уровнях. Вариант видоизменения этого понятия в ретроспективе и в перспективе его эволюции представлен в работах [181, 184].

Далее в этой главе будет представлен ретроспективный анализ зарождения понятия интероперабельности как комплексного свойства информационных ОТС, развитие подходов к ее формализации, текущее состояние исследований в этой области.

### 1.1. Ретроспективный анализ возникновения и развития интероперабельности ОТС

#### 1.1.1. Появление и развитие сети Интернет, как первый шаг к постановке проблемы обеспечения интероперабельности больших гетерогенных информационных ОТС

Глобальная информационная сеть Интернет, по всей видимости является первой ОТС создание которой, и сама суть ее функционирования, основаны на обеспечении интероперабельности ее разнородных компонентов. Создание и развитие сети Интернет, потребовало осознания и решения множества частных задач обеспечения интероперабельности – сначала технических, потом семантических и организационных.

История Интернета началась в 1969 г., когда Министерство обороны (МО) США организовало компьютерную сеть ARPANet (Advanced Research Project Agency Net – сеть Агентства перспективных исследовательских проектов). Сеть соединяла 4 компьютеров, которые находились в следующих учреждениях: Калифорнийском университете (Лос-Анджелес), Стэнфордском НИИ, университете г. Санта-Барбара и университете штата Юта. Через год сеть включала уже

в 4 раза больше узлов (компьютеров). А к 1973 г. она разрослась и стала международной благодаря подключению узлов в Норвегии и в Англии (рис. 1.1).

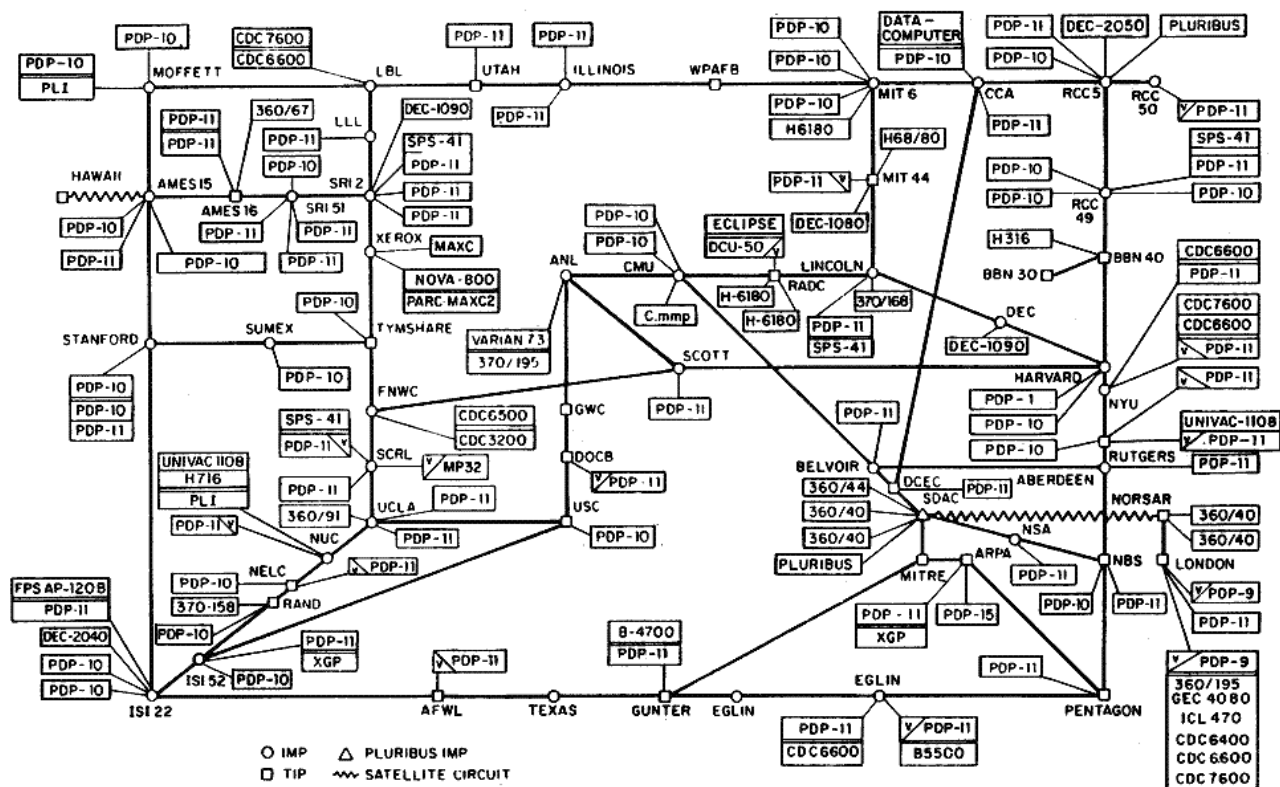


Рис. 1.1. Топологическая структура сети ARPANet в 1977 г.

В 1984 г. Национальный научный фонд США создал сеть NSFNET (National Science Foundation Network) для связи между компьютерами университетов и вычислительными центрами. В отличие от военной сети ARPANET подключение к сети NSFNET было достаточно свободным, и к 1992 г. к ней подключились более 7 500 небольших частных сетей, включая 2500 сетей за пределами США. С передачей опорной сети NSFNET в 1995 г. в коммерческое использование появилась техническая основа современного Интернета [66, 67].

На этапе зарождения сети Интернет, специалистами решались задачи обеспечения технической, программной и информационной совместимости различных компьютерных систем, функционирующих под управлением различных операционных систем (ОС) и имеющих различное программное обеспечение (ПО), формирования разветвленной сетевой инфраструктуры, разработки и внедрения единого стека сетевых протоколов и интерфейсов. Фактически это были самые первые шаги в области обеспечения интероперабельности больших информационных ОТС.

В 1971 г. была разработана первая программа для отправки электронной почты и протокол отправки файлов по сети FTP (File Transfer Protocol), тогда же в 1970-х гг. появились первые коммуникационные программы – списки почтовых рассылок, новостные группы и электронные доски объявлений. Однако в то время сети ещё не могли легко взаимодействовать друг с другом из-за того, что были построены на различных технических стандартах. Это потребовало



разработки и внедрения стандарта единых сетевых протоколов, которые были созданы и стандартизированы в 1982-1983 гг. С 1983 г. сеть ARPANET, перешла на единый сетевой протокол адресации и обмена данными TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), а в 1984 г. был разработан единый протокол разрешения доменных имен DNS (Domain Name System), которые используются до сих пор. В 1988 г. был разработан протокол мгновенного обмена сообщениями IRC (Internet Relay Chat), благодаря чему в Интернете стало возможно общение в чатах в режиме реального времени. В 1989 г. был внедрен протокол BGP (Border Gateway Protocol), позволяющий объединять различные области маршрутизации, функционирующие на различных стеках сетевых протоколах. Именно протокол BGP, наряду с протоколами TCP/IP и DNS, является одним из основных технических решений, обеспечивающих функционирование сети Интернет. Наконец, в 1989 г. была разработана, а в 1991 г. уже внедрена концепция всемирной паутины WWW (World Wide Web), которая была основана на протоколе доступа к сайтам HTTP (HyperText Transfer Protocol), языке разметки сайтов HTML (HyperText Markup Language) и использовании гипертекстовых ссылок URL (Uniform Resource Identifier) которые позволяли связывать разные информационные ресурсы на различных сайтах между собой. С появлением браузеров – специальных программ просмотра информационных ресурсов WWW и перехода по URL, сеть Интернет приобрела те черты, которые знакомы сейчас каждому ее пользователю – множество сайтов, наполненных различными информационными ресурсами, связанными между собой гипертекстовыми URL ссылками [66, 67].

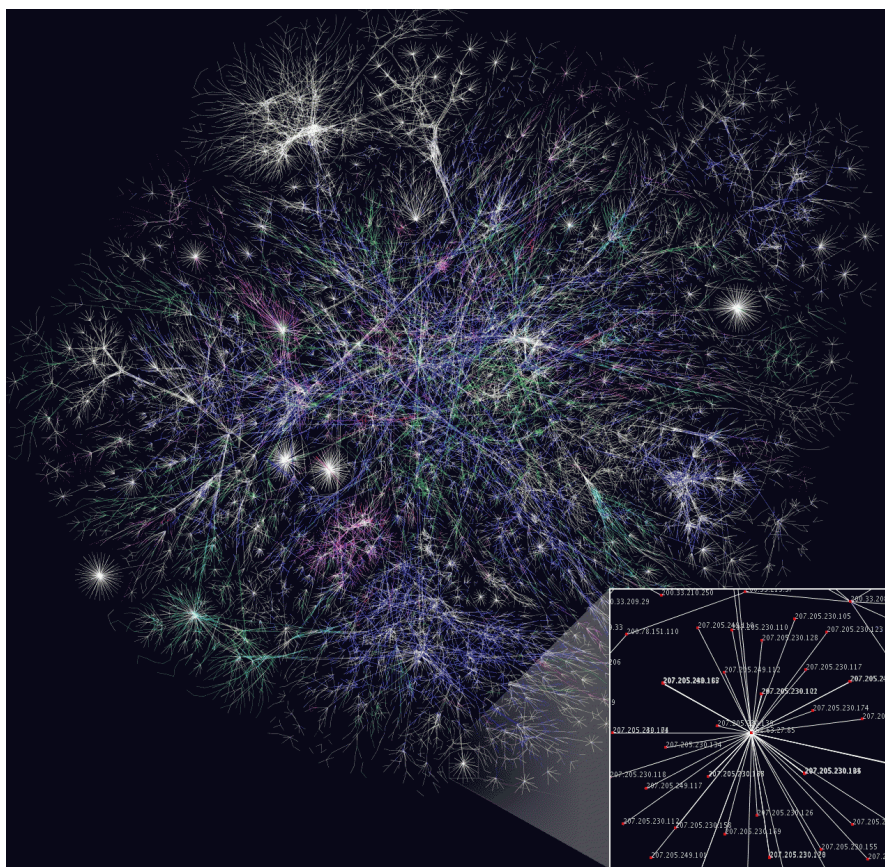


Рис. 1.2. Топологическая структура сети Интернет в 2005 г.

В 1990-е годы Интернет объединил в себе большинство существовавших тогда сетей. Такое объединение происходило благодаря приоритетному использованию единых открытых сетевых стандартов. К 1997 г. в Интернете насчитывалось уже около 10 млн компьютеров и было зарегистрировано более 1 млн доменных имён. Интернет стал популярным средством для обмена информацией. Во второй половине 2010-х годов Интернет фактически подменил собой все классические средства получения информации, связи и коммуникации. Телевидение, радио и печатные издания – все они имеют полноценные онлайн-сайты, кроме того, существует безграничное множество интернет-сайтов, объединяющих все возможные формы коммуникации. К началу 2020 г. число пользователей Интернета достигло 4,5 млрд человек, что составляет более 50 % от всех жителей Земли. Во многом это обусловлено широким распространением единых протоколов сотовых сетей связи стандартов 3G, 4G и 5G, обеспечивающих высокоскоростной доступ в Интернет всех пользователей мобильных устройств (смартфонов), развитием социальных сетей и удешевлением стоимости интернет-трафика. По состоянию на 2022 г. самыми популярными Интернет-ресурсами являются социальные сети Facebook, Instagram, Twitter, мессенджеры WhatsApp, Viber, Telegram, а также энциклопедия Wikipedia и видеохостинг YouTube [66, 67].

Несмотря на взрывное развитие сети Интернет, ее проникновение во многие стороны нашей повседневной жизни, нужно отметить что ее развитие шло во многом спонтанно и определялось теми или иными успешными коммерческими проектами, которые формировали де-факто некий общепринятый стандарт, который в дальнейшем становился стандартом де-юре. При развитии сети Интернет было решено множество технических и организационных задач, обеспечивающих интероперабельность:

- создание и внедрение единых открытых сетевых протоколов обмена различными типами данных (текстовые данные, файлы, речевые сообщения, видеоданные, финансовые транзакции и т.д.);
- разработка процедур обеспечения информационной безопасности пользователей;
- формирование единых форматов формирования, передачи, хранения и обработки данных.

Однако в решении этих задач зачастую отсутствовал единый замысел и системный подход к обеспечению интероперабельности, а преобладала коммерческая выгода и распространенность тех или иных протокольных, интерфейсных или технических решений. Все это нередко приводило к существенным проблемам. Так Интернет продолжает функционировать на основе стека протоколов TCP/IP, разработанного еще в 1983 г., чьи возможности по адресации узлов на основе 4-х байтного адреса были исчерпаны в 2011 г. Новые перспективные сетевые протоколы на основе технологий MPLS и ASON/ASTN внедряются медленно из-за необходимости обеспечения их обратной совместимости с устаревшими протоколами и парком старого сетевого оборудования. Коммерческие проприетарные протоколы таких ведущих производителей сетевого оборудования как Cisco, Juniper, Huawei широко используются в их марш-

рутизаторах и коммутаторах, но по факту они являются закрытыми программными решениями, что повышает риски несовместимости между собой целых сетевых сегментов. Некоторые страны, например, Китай и Россия, приняли политические решения о частичной дезинтеграции своих национальных сегментов Интернета, от глобальной сети. Указанные обстоятельства, а также отсутствие единого системного подхода к обеспечению интероперабельности в сети Интернет могло являться существенным барьером в последующем развитии мирового единого информационного пространства. В связи с этим последующие исследования в области интероперабельности были сосредоточены на поиске единых системных подходов целенаправленного обеспечения интероперабельности гетерогенных информационных систем.

### **1.1.2. Проектирование больших корпоративных и военных информационных систем, как начало системных исследований вопросов обеспечения интероперабельности ОТС**

В 1990-х гг., помимо сети Интернет, в больших корпорациях, в системах государственного и военного управления актуализировался вопрос создания больших информационно-управляющих ОТС. Эти системы, с одной стороны, обладали признаками больших гетерогенных систем, так же, как и сеть Интернет, с другой стороны, их проектирование и внедрение походило по четкому плану – уже на начальном этапе их создания можно было предусмотреть информационную совместимость всех компонентов системы и избежать тех проблем, которые возникали при спонтанном развитии Интернета.

В то же время в МО США начала разрабатываться концепция сетецентрического управления [68], которая сначала успешно применяется при создании информационных ОТС военного назначения, а в дальнейшем – для создания больших информационно-управляющих ОТС в транснациональных корпорациях, в больших промышленных концернах, в логистических компаниях, в электронной коммерции и международном банкинге, здравоохранении и т.д. Концепция сетецентрического управления предполагала объединение всех организационных и технических элементов ОТС на основе единого информационного пространства (ЕИП), так называемой, сетецентрической среды [68]. Такое объединение требовало выработки единых теоретических подходов сначала к информационной совместимости объединяемых сил и средств, а затем к более общему системному понятию – интероперабельности.

Отметим, что «пионером» в системных исследованиях вопросов обеспечения интероперабельности в 1990-х гг. выступало МО США. В руководящих документах МО США, того времени, понятие «интероперабельность» определялась по-разному [63]:

- *интероперабельность* – способность систем или сил предоставлять/принимать информационные услуги к/от других систем или сил, а также использовать совместно информационные услуги, таким образом, чтобы они могли эффективно совместно функционировать или действовать (руководящий документ МО США – Joint Pub 1-02);

- *интероперабельность* – условие, достигнутое между радиоэлектронными и телекоммуникационными системами, когда информация или информационные услуги могут предоставляться с требуемым качеством между пользователями различных систем (руководящий документ МО США – Joint Pub 1-02);
- *интероперабельность* – способность согласованно действовать при выполнении поставленных задач (руководящий документ НАТО – ААР-6);
- *интероперабельность* – способность двух или более систем, а также их элементов обмениваться информацией и совместно использовать ее (стандарты IEEE).

Необходимо отметить, что в руководящих документах МО США того времени, широко используется два понятия – «интероперабельность» (interoperability) и «совместимость» (compatibility). При этом между двумя этими понятиями нет четкого разделения. Однако нужно дать пояснение, что «интероперабельность», применительно к информационным ОТС является более широким понятием чем «совместимость» и учитывает не только саму возможность информационного взаимодействия между пользователями, системами, силами и организациями, но и параметры их взаимосвязи в техническом, семантическом и организационном аспектах. Использование понятия интероперабельности становится более предпочтительным по мере увеличения степени информационной взаимозависимости объединяемых систем. Способность адекватно оценить эту степень взаимозависимости имеет важное значение, как для понимания проблемы обеспечения интероперабельности, так и для разработки соответствующей архитектуры, решающей эту проблему.

В начале 2003 г. МО США разработало Руководство по объединенной совместной интеграции и развитию систем военного назначения – JCIDS (Joint Capability Integration and Development System) [69], которое формализовало требования к интероперабельности и процессы разработки различных систем, создаваемых в интересах МО США. Фактически Руководство JCIDS формализовало процессы разработки гибких открытых систем с управляемой архитектурой. В дальнейшем МО США дополнило Руководство JCIDS концепцией «Net Ready», в которой в качестве основного показателя эффективности была введена производительность объединенной системы – NR KPP («Net Ready» Key Performance Parameter). Данный показатель позволил впервые ввести количественные категории качества интероперабельности для объединяемых систем и заменил формальные требования IER (Information Exchange Requirements) к процессам обмена информацией, которые были прописаны в более ранних версиях Руководства JCIDS.

Следуя опыту МО США, соответствующие военные комитеты НАТО провели исследования технико-экономического потенциала сети НАТО и выработали концепцию ЕИП НАТО – NNEC (NATO Network Enabled Capability) [70], а в дальнейшем – документ NATO Interoperability Standards and Profiles [71-73], в которых были прописаны вопросы обеспечения интероперабельности различных систем военного назначения НАТО. В концепции NNEC рассматривалась

возможность формирования модели зрелости НАТО – NML-модели (NATO Maturity Level), в которой эффективность от внедрения интероперабельности оценивалась аналогично показателю NR KPP в концепции МО США «Net Ready».

Основным нововведением концепций «Net Ready» и NNEC являлось то, что объединяемые элементы ОТС должны были формировать и передавать в единый реестр системы формальное описание предоставляемых ими информационных услуг, а также протоколов информационного взаимодействия с ними, независимо от того, какие другие элементы эти услуги будут использовать. Это позволяет отказаться от взаимодействия элементов по принципу «точка – точка», и перейти к более гибкому обеспечению интероперабельности элементов системы на основе единого реестра информационных услуг и общих форматов обмена данными при их предоставлении.

Дальнейшее развитие руководящих документов в области обеспечения интероперабельности привело к созданию в 2006 г. концепции по построению архитектуры МО США – DODAF (Department of Defense Architecture Framework) [74], которая в процессе своего развития была доработана до версии 2.0. Концепция DODAF развивала сетевые подходы к управлению, основанные на интероперабельности сил и средств военного назначения, а также объединяла различные предложения по обеспечению интероперабельности, ранее разработанные в рамках других документов – предыдущей концепции по архитектуре МО США MODAF (Ministry of Defense Architecture Framework) [75] и концепции по построению архитектуры открытых рабочих групп TOGAF (The Open Group Architecture Framework) [76].

В 2000-х годах МО США приступило к созданию глобальной информационно-вычислительной сети GIG (Global Information Grid), которая является информационно-технической основой сетевых систем управления МО США [68]. В рамках GIG было сформировано определенное множество сетевых корпоративных услуг NCEs (Net-Centric Enterprise Services), которые предоставляли пользователям GIG разнообразные интегрированные сервисы по формированию, хранению, передаче, обработке и представлению информации (рис. 1.3). Для формализации проблемных вопросов обеспечения интероперабельности элементов и процессов GIG в МО США была разработана модель уровней интероперабельности информационных систем – LISI-модель (Levels of Information Systems Interoperability) [77].

Опыт использования LISI-модели в процессе проектирования GIG был настолько удачным, что в дальнейшем данная модель была доработана и применена уже в масштабе системы военного управления НАТО как модель промышленной консультативной группы НАТО – NIAG-модель (NATO Industrial Advisory Group) [78]. В основу NIAG-модели была положена группа технических стандартов НАТО – STANAG (Standardization Agreement) унифицирующих процесс взаимодействия средств вооружения и военной техники (ВВТ) в различных системах военного управления, входящих в НАТО. В настоящее время в НАТО действует большое количество руководящих документов по всестороннему обеспечению интероперабельности.

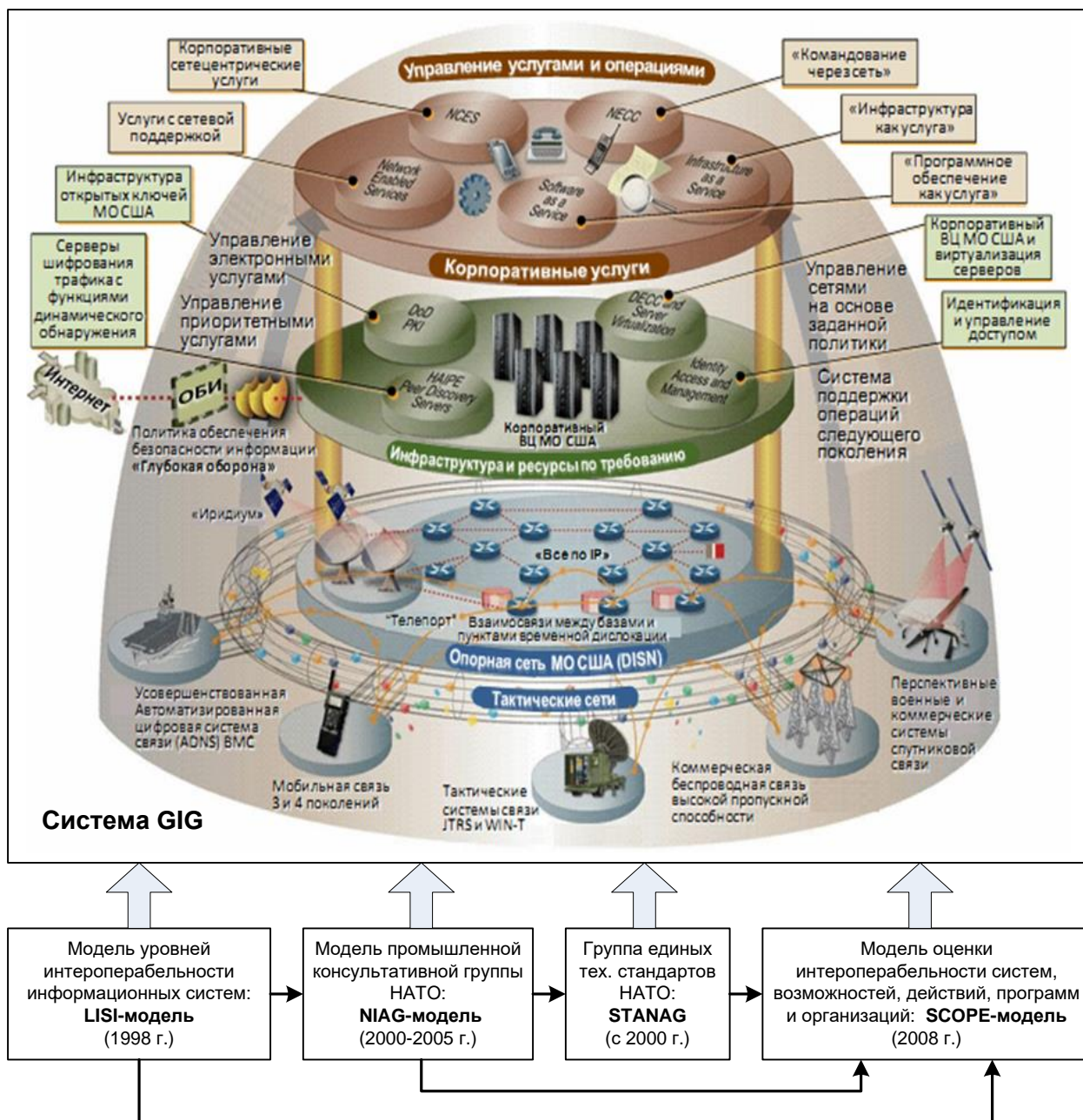


Рис. 1.3. Структура системы GIG МО США [68]

Одним из основных документов выступает регулярно актуализируемый документ NISP (NATO Interoperability Standards and Profiles) [79], состоящий из 3-х томов и по состоянию на 2020 г. содержащий около 900 стандартов и ИКТ-профилей. При этом большинство документов НАТО по обеспечению интероперабельности уже примерно 20 лет находятся в открытом доступе, что обеспечивает их широкое использование как соответствующими органами управления МО, так и предприятиями промышленности, разрабатывающими вооружение и военную технику (ВВТ). В НАТО ежегодно проводятся тестирование вновь разрабатываемых систем военного назначения на соответствие требованиям по обеспечению интероперабельности. В качестве примера можно

привести регулярные учения ВС НАТО под руководством США по программе «Combined Endeavor» – «Совместные намерения», проводимые ранее по программе «Партнерство во имя мира», а также учения ВС стран НАТО «Defender Europe 2021», прошедшие в Эстонии. предусматривающие обширную программу проверки обеспечения интероперабельности взаимодействующих сил и средств различных стран-участников альянса. Основной целью таких комплексных учений является проверка обеспечения интероперабельности взаимодействующих сил и средств различных стран-участников альянса, а также тестирование оперативной совместимости между ВС стран НАТО и странами участницами программы «Партнерство во имя мира». Главный вывод многолетних учений, проводимых НАТО, состоит в том, что интероперабельность не может быть достигнута раз и навсегда. Ее состояние необходимо постоянно мониторить, выявлять проблемы и барьеры, которые нужно оперативно устранять.

Наработки в области обеспечения интероперабельности систем военного управления позднее были успешно перенесены в гражданскую область для создания информационно-управляющих ОТС в транснациональных корпорациях, в больших промышленных концернах, в международных логистических компаниях, в электронной коммерции и банкинге, здравоохранении и т.д. В 2004 г. был образован международный индустриальный консорциум NCOIC (Network-Centric Operations Industry Consortium) [80], который на 2021 г. насчитывал более 50 членов из 12 стран. Основной задачей этого консорциума являлось перенос наилучших достижений в области сетецентрического управления из военной сферы в гражданскую, в том числе, и за счет разработки руководящих документов по проектированию сетецентрических информационно-управляющих ОТС общего, гражданского и коммерческого использования. Так как такие ОТС уже на этапе проектирования должны обладать изначальным свойством интероперабельности консорциумом NCOIC были разработаны основополагающие документы в этой области:

- модель оценки интероперабельности систем, возможностей, действий, программ и организаций – SCOPE-модель (Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises model for interoperability assessment) [63];
- руководство по обеспечению минимального уровня интероперабельности MLI (Minimum Level of Interoperability) [81];
- руководство по обеспечению интероперабельности NIF (NCOIC Interoperability Framework) [64].

В дальнейшем именно эти документы стали тем теоретическим базисом, который позволил обеспечить интероперабельность широкого спектра ОТС общего, корпоративного и специального назначения за рубежом.

### **1.1.3. Исследование вопросов обеспечения интероперабельности ОТС в России**

В Программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р., на государственном уровне, признано значительное отставание РФ от лидирующих

стран в области развития и применения информационных технологий. В частности, по состоянию на 2016-2017 гг. РФ занимала 41-е место по готовности к цифровой экономике со значительным отрывом от десятки лидирующих стран, в которую входили такие страны как Сингапур, Финляндия, Швеция, Норвегия, США, Нидерланды, Швейцария, Великобритания, Люксембург и Япония. С точки зрения экономических и инновационных результатов использования цифровых технологий, РФ занимала 38-е место с большим отставанием от стран-лидеров, таких, как Финляндия, Швейцария, Швеция, Израиль, Сингапур, Нидерланды, США, Норвегия, Люксембург и Германия. В международном рейтинге инвестиций в инновации РФ занимала 43-е место, значительно, отстав от многих наиболее конкурентоспособных экономик мира, таких, как Швейцария, Сингапур, США, Нидерланды, Германия, Швеция, Великобритания, Япония, Гонконг и Финляндия. Диапазон вышеуказанного отставания соответствует примерно 15 годам активного развития.

То же самое относится и к проблеме интероперабельности – во всех лидирующих странах проблема интероперабельности составляет часть государственной политики (в качестве примера можно привести действующий и постоянно актуализируемый документ Евросоюза «The New European Interoperability Framework» (Рекомендации по обеспечению интероперабельности в Европе) [82], а в РФ выше программ фундаментальных исследований проблема интероперабельности не поднимается. В программе «Цифровая экономика РФ» термин «интероперабельность» упоминается 2 раза, но ни документов, ни организации, которой поручено решать данную проблему там не определяется. Отдельно стоит упомянуть проблему интероперабельности в СЦИУС которой в РФ фактически не уделяется никакого внимания, в то время как в Консорциуме NCOIC эта работа составляет основную миссию организации.

ИРЭ РАН им. В.А. Котельникова является практически единственной организацией, выполняющей начиная с 2007 г. комплексные теоретические работы по проблеме интероперабельности. К настоящему времени при ведущей роли ИРЭ РАН опубликовано более 50 материалов и разработано около 10 национальных стандартов. Основным результатом следует считать предложенный оригинальный подход к обеспечению интероперабельности информационных систем самого широкого класса, зафиксированный в отечественном стандарте ГОСТ Р 55062 [15]. Приказом Росстандарта на ИРЭ РАН возложено ведение подкомитета ПК206/ТК22 «Интероперабельность». На основе использования возможностей ПК206 начато применение предложенного подхода к обеспечению интероперабельности по отношению к информационным ОТС различных классов и различного назначения.

Отставание РФ как в развитии, так и в исследовании вопросов интероперабельности приводит к снижению эффективности и конкурентоспособности как наукоемких отраслей в гражданской промышленности, так и в области обороны, что в перспективе может иметь критические последствия, в связи с чем следует принимать кардинальные меры к устранению этого отставания. В первую очередь, следует заимствовать и внедрять опыт лидирующих стран. Так уже происходило и с атомным оружием, и с его носителями (самолетами-



ракетоносцами и ракетами), а также с многими другими видами вооружения. Уже в дальнейшем, когда был накоплен достаточный опыт, наша страна сама занимала лидирующие позиции, по заимствованным технологиям. Примерами может служить развитая отечественная атомная отрасль и ракетостроение.

Таким образом, для ускорения развития наукоемких отраслей РФ и ликвидации отставания нашей страны в области современных информационных технологий предлагается применить опыт консорциума NCOIC, в первую очередь опыта, изложенного в документах «SCOPE-модель» и «NIF», к решению проблемы интероперабельности отечественных ОТС. Следует еще раз подчеркнуть, что применение зарубежных наработок предлагается осуществить применительно к отечественному оригинальному подходу к обеспечению интероперабельности, зафиксированному в ГОСТ Р 55062 [15], и не имеющему прямых зарубежных аналогов. Разумеется, при использовании опыта NCOIC надо учитывать возможность применения этого опыта в российских условиях и имеющиеся национальные нормативные документы.

Возможности и перспективы разработки отечественных научных подходов к обеспечению интероперабельности будут изложены в п. 1.3.3 и 1.3.4 данной работы.

## 1.2. Основные зарубежные подходы к формализации интероперабельности ОТС

### 1.2.1. Общие подходы к обеспечению интероперабельности

Первоначально существовало множество технологий обеспечения интероперабельности, которые не были увязаны в какую-либо формализованную систему (рис. 1.4).

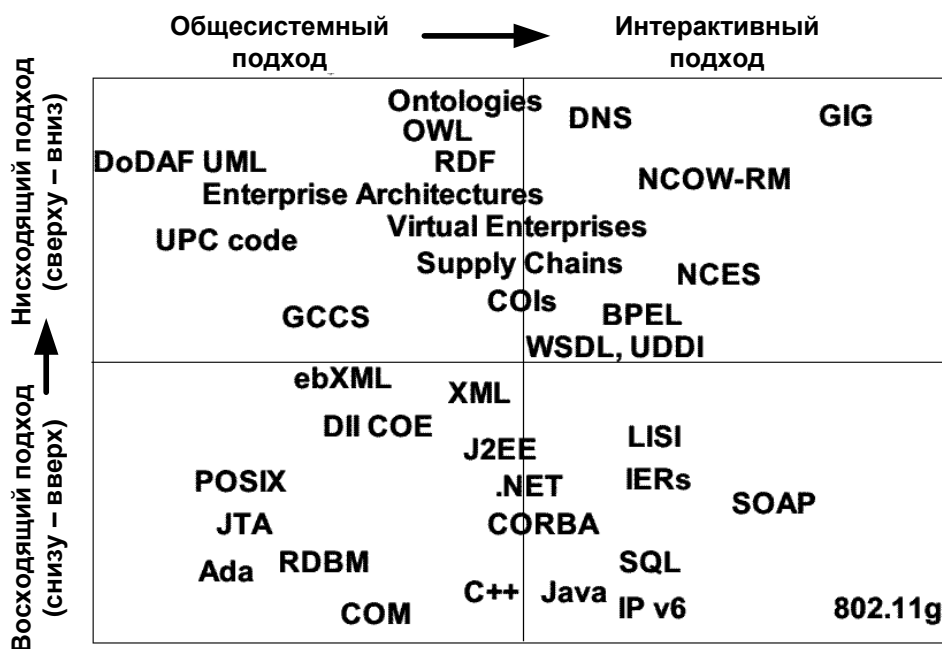


Рис. 1.4. Классификация технологий обеспечения интероперабельности по различным подходам [63]

Одним из вариантов декомпозиции этих технологий является разделение их на два обобщённых подхода по направлению технологического внедрения [8]:

- *нисходящий подход* (top-down approach), или, как его еще называют, подход «сверху – вниз» – решает проблему интероперабельности сначала с точки зрения архитектуры системы в целом, а в дальнейшем – для отдельных подсистем, элементов и процессов системы. В этом подходе интероперабельность, как правило, является ключевым внутренним свойством, при этом утрата этого свойства влечет неспособность системы достичь цели своего функционирования;
- *восходящий подход* (bottom-up approach), или, как его еще называют, подход «снизу – вверх» – ориентирован на решение проблемы интероперабельности путем принятия конкретных технологий или стандартов формирования, хранения, передачи, обработки и представления информации. Данный подход в большей степени сосредоточен на технических аспектах интероперабельности, а также на тех преимуществах, которые она обеспечивает, будучи внедренной в различные системы.

Еще одним вариантом декомпозиции технологий обеспечения интероперабельности является разделение их по признаку ориентированности на внутренние или внешние коммуникации системы [63]:

- *общесистемный подход* (commonality-based approach) – ориентирован на решение проблемы интероперабельности в рамках определенной системы, путем формирования единой среды информационного взаимодействия ее компонентов;
- *интерактивный подход* (system interaction-based approach) – ориентирован на решение проблемы интероперабельности в точках сопряжения различных систем между собой, делая акцент на достижении интероперабельности тех систем, в которых уже используются различные по своей сути технологии или стандарты формирования, хранения, передачи обработки и представления информации.

### 1.2.2. LISI-модель

LISI-модель (Levels of Information Systems Interoperability Model) [77] была разработана МО США в 1998 г. для формализации процессов взаимодействия различных систем, а также для оценки способности систем к такому взаимодействию.

LISI-модель представлена в таблице 1.1 [77].

LISI-модель учитывает четыре параметра – PAID (Procedures, Applications, Infrastructure, Data), каждый из которых соответствует отдельному аспекту (attribute) интероперабельности:

- интероперабельности процедур (interoperability of procedures);
- интероперабельности приложений (interoperability of applications);
- интероперабельности инфраструктуры (interoperability of infrastructure);
- интероперабельности данных (interoperability of data).

Таблица 1.1 – LISI-модель [77]

Уровни масштаба и способности к взаимодействию			Отдельные аспекты интероперабельности				
			Р	А	І	Д	
			Интероперабельность процедур	Интероперабельность приложений	Интероперабельность инфраструктуры	Интероперабельность данных	
<b>Уровень универсальных систем</b> (уровень взаимодействия организаций)	4	c	Транснациональные компании	Полностью интерактивное взаимодействие между приложениями	Множественно дублируемая и сложно связанная сеть	Международно совместимые форматы данных	
		b	Межправительственные организации				
		a	Правительственные организации и подразделения МО				Обмен инф. объектами и ресурсами
<b>Уровень интегрированных систем</b> (уровень взаимодействия доменов)	3	c	В отдельном домене (в группе организаций, в управлении, в агентстве, в службе и т.д.)	Обмен через общие сетевые ресурсы и файлы	Глобальные сети	Совместимость в рамках СУБД	
		b		Обмен через общую сетевую рабочую группу		Совместимость форматов данных в домене	
		a		Передача объектов и текста в режиме «копировать – вставить»			
<b>Уровень распределенных систем</b> (уровень функционального взаимодействия)	2	c	В отдельной организации	На основе web-технологий	Локальные сети	Совместимость форматов данных в локальной сети	
		b		Базовые операции пересылки файлов и документов			
		a	В отделе, рабочей группе и т.д.	Обмен сообщениями через сеть	отдельная сеть		
<b>Уровень связанных систем</b> (уровень взаимодействия «точка – точка»)	1	d	В соответствии с регламентами орг. взаимодействия	Обмен сообщениями	Основной и резервный каналы передачи	Базовые форматы для различных типов данных	
		c		Передача файлов			
		b	В соответствии с политикой инф. безопасности	Обмен однотиповыми сообщениями (данные, голос, фото и т.д.)	Один канал передачи		
		a					
<b>Уровень изолированных систем</b> (уровень ручного взаимодействия)	0	d	Процедуры взаимодействия		Существует возможность взаимодействия	Стандартные форматы файлов	
		c	Ручной обмен	НАТО ур. 3	Не определен	Взаимодействие в ручном режиме	Частные форматы
		b		НАТО ур. 2			
		a		НАТО ур. 1			
		0		Интероперабельность отсутствует			

Эти параметры оцениваются по пятиуровневой качественной иерархической шкале, которая определяет масштаб и способность к взаимодействию элементов анализируемой системы между собой:

- уровень изолированных систем (isolated level), или, как он еще называется, «уровень ручного взаимодействия» (manual level) – взаимодействие ведется между отдельными пользователями системы в ручном режиме;
- уровень связанных систем (connected level), или, как он еще называется, «уровень взаимодействия «точка – точка» (peer-to-peer level) – взаимодействие между отдельными пользователями и техническими средствами системы ведется по принципу «точка – точка»;
- уровень распределенных систем (distributed level), или, как он еще называется, «уровень функционального взаимодействия» (functional level) – взаимодействие между элементами и подсистемами системы ведется с использованием технологий локальных сетей;
- уровень интегрированных систем (integrated level), или, как он еще называется, «уровень взаимодействия доменов» (domain level) – взаимодействие между элементами больших систем ведется с использованием технологий глобальных сетей;
- уровень универсальных систем (universal level), или, как он еще называется, «уровень взаимодействия организаций» (enterprise level) – полностью интерактивное взаимодействие больших систем по разветвленной сетевой инфраструктуре с высоким уровнем совместимости передаваемых данных.

Особенностью LISI-модели является то, что для обеспечения интероперабельности она заставляет разработчиков систем обеспечивать самый высокий уровень – уровень универсальных систем. В то же время, достижение этого уровня может быть экономически нецелесообразно. В отличие от LISI-модели, SCOPE-модель, которая была разработана позже, является более гибкой. Она позволяет найти баланс в уровне обеспечения интероперабельности, который наилучшим образом соответствует техническим, организационным и экономическим факторам, которые влияют на окончательный выбор архитектуры системы.

LISI-модель была разработана до того как концепция сетевидного управления получила широкое распространение в военных ОТС США и НАТО. Данная модель преимущественно ориентирована на формализацию процессов организационно-технического взаимодействия с использованием сетевых технологий. Необходимость явного учета «сетевидности» ОТС при формальном описании интероперабельности, причем исходя из того, что свойство «сетевидности» является инвариантным по отношению к любым децентрализованным ОТС (а не является исключительно свойством систем военного назначения) привел к разработке SCOPE-модели.

### 1.2.3. SCOPE-модель

Консорциум NCOIC разработал модель оценки интероперабельности систем, возможностей, действий, программ и организаций – SCOPE-модель (Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises model for interoperability assessment) [63] в 2008 г. Сведения об обновлении SCOPE-модели, по крайней мере в открытой печати, до 2022 г. отсутствуют.

Несмотря на то, что первоначально сетевые центры ОТС воспринимались исключительно в контексте их военного применения систем, в соответствии с концепцией SCOPE-модели понятие «сетевости» стало применимо к любой прикладной области, в которой используется ОТС с сетевой архитектурой и реализуются преимущества человеко-машинного информационного взаимодействия. К таким «гражданским» областям применения SCOPE-модели можно отнести:

- государственное и корпоративное управление;
- логистические системы;
- аппаратные и программные комплексы, построенные на основе сервис-ориентированной архитектуры SOA (Service Oriented Architecture).

В таких системах SCOPE-модель может быть использована для анализа и оценки преимуществ от обеспечения интероперабельности для различных компонент сетевых ОТС, как в техническом, так и в организационном аспектах.

Модель SCOPE предназначена для качественно-количественной оценки различных аспектов интероперабельности анализируемой системы в соответствии с определенным набором параметров (dimensions). Эти параметры организованы в виде определенной параметрической иерархии. На самом нижнем уровне иерархии каждый параметр соответствует определенному аспекту интероперабельности анализируемой системы и определяет этот аспект в виде количественных или качественных показателей. Особенностью SCOPE-модели является то, что в ней отдельные параметры интероперабельности не являются формально «вложенными» по мере возрастания иерархии, подобно элементам множества. Отдельные параметры, характеризующие различные аспекты интероперабельности, могут иметь различные показатели, быть качественными или количественными, для них не вводятся критерии предпочтительности и т.д., при этом они не свертываются в показатели более высокого уровня.

Предложенное в работе [63] формализованное описание интероперабельности в качестве SCOPE-модели не является полным. В связи с этим, в той же работе [63], указаны те аспекты интероперабельности, которые являются несомненно важными для сетевых систем, но описаны в рамках текущей версии SCOPE-модели недостаточно подробно, либо для их описания используются слабо формализованные качественные показатели, в то время как для практического использования предпочтительными являются количественные показатели.

Модель SCOPE (рис. 1.5) на верхнем уровне иерархии состоит из 4-х групп параметров интероперабельности [63]:

- 1) параметры сетевого взаимодействия (net-readiness) – характеризуют способность системы формировать сетевые структуры, а также управлять ими и информационными ресурсами в интересах обеспечения информационного взаимодействия объектов системы;
- 2) внутренние параметры системы (capability/domain-independent scope) – характеризуют внутренние параметры системы, которые определяют уровень ее интероперабельности;
- 3) внешние параметры системы (capability/domain-dependent scope) – характеризуют такие внешние факторы как среду и другие системы, которые влияют на данную систему в части ее интероперабельности;
- 4) технико-экономические параметры (technical/economic feasibility) – описывают технологические решения, на основе которых достигается свойство интероперабельности, а также экономические аспекты целесообразности или риска от их внедрения.

Концептуальными отличиями этих групп является следующее:

- внутренние и внешние параметры системы определяют: «что?», «почему?» и «где?» необходимо использовать чтобы обеспечить свойство интероперабельности в ОТС. Какие конкретно возможности в части организации взаимодействия необходимы, и каких целей это позволит достичь;
- параметры сетевого взаимодействия определяют способ реализации взаимодействия, т.е. «как?» это взаимодействие может быть реализовано;
- технико-экономические параметры определяют, какой части «идеальной интероперабельности» мы достигнем в зависимости от используемых технических решений и доступных экономических ресурсов. Данные параметры позволяют обосновать достижение технико-экономического компромисса, с учетом ограничений как на технические решения, так и на доступные экономические ресурсы.

В рамках каждой из групп верхнего уровня группа в SCOPE-модели предложены отдельные частные параметры, которые характеризуют, отдельные аспекты интероперабельности. При этом разработчики SCOPE-модели указывают, что они не признают окончательность SCOPE-модели, а надеются на ее дальнейшее развитие в направлениях более полного учета отдельных аспектов интероперабельности и расширения сферы охвата модели [63].

Основным замыслом при разработке SCOPE-модели являлось выделение ключевых параметров интероперабельности системы, декомпозиции этих параметров на качественные и/или количественные показатели. В результате приложения SCOPE-модели к конкретной ОТС появляется возможность оценить качество реализации отдельных аспектов интероперабельности, а также сформировать предложения организационного или технического характера, направленные на повышение степени интероперабельности.



При сравнении различных систем SCOPE-модель позволяет провести количественный анализ уровня интероперабельности, выявить недостатки и преимущества различных систем, как в качественном, так и в количественном виде, а также получить количественные оценки, выражающиеся в разности одних и тех же показателей, одной системы в сравнении с другой.

Анализ показателей SCOPE-модели показывает, что детализация различных аспектов интероперабельности в ней не является полной или окончательно завершенной. Это отмечают и сами разработчики данной модели в работе [63]. Таким образом, конечные пользователи систем, а также их разработчики, при оценке интероперабельности систем, могут принять SCOPE-модель за основу, и предложить собственные параметры и показатели интероперабельности, которые расширят и дополнят группы показателей, представленных в SCOPE-модели, с акцентом на те аспекты интероперабельности, которые важны для конкретных пользователей или разработчиков.

#### 1.2.4. Концепция DODAF

Развитие руководящих документов в области обеспечения интероперабельности сетевых систем военного назначения в МО США привело к созданию в 2006 г. концепции по архитектуре МО США – DODAF (Department of Defense Architecture Framework) [74].

Концепция DODAF развивала сетевые подходы к военному управлению, основанные на интероперабельности сил и средств военного назначения, а также объединяла различные предложения, разработанные ранее, в том числе учитывала наработки по формализации параметров интероперабельности, представленные в SCOPE-модели.

В соответствии с концепцией DODAF, архитектуру системы в целом описывают в трех различных взаимосвязанных представлениях (view points) этой архитектуры (рис. 1.6) [74]:

- функциональная (operational) архитектура;
- системная (system) архитектура;
- техническая (technical) архитектура.

Каждое из них используется для отражения различных архитектурных характеристик и атрибутов, при этом между ними есть определенные пересечения. Некоторые из совместных атрибутов как бы объединяют два различных представления, что обеспечивает целостность, единство и единообразие в описании архитектуры системы.

*Функциональная архитектура системы* включает описание задач и действий, функциональных элементов и информационных потоков, которые требуются для выполнения целей системы. При этом цели включают в себя как военные цели, так и традиционные бизнес-процессы. Эта архитектура содержит описания, которые включают узлы выполнения операций и функций, элементы, их задачи и действия, а также информационные потоки между ними. Она определяет тип данных при информационном обмене, частоту такого обмена, то, какие задачи и функции обеспечиваются этим обменом, а также характер информационного обмена [74].



*Системная архитектура системы* включает текстовые и графические описания систем и связей между ними, которые используются для обеспечения выполнения функций системы. Системная архитектура описывает связи системных ресурсов с функциональными процессами, которые обеспечивают информационный обмен между узлами выполнения операций и функций [74].

*Техническая архитектура системы* определяет набор стандартов и правил, которыми руководствуются при создании и обеспечении взаимодействия между частями, элементами и подсистемами единой системы. Эта архитектура представляется в виде совокупности технических руководств, на которых базируются технологические спецификации, программное и аппаратное обеспечение, а также на линейки продуктов. Она включает в себя технические стандарты, соглашения по их реализации, опции при использовании стандартов, правила и критерии, организованные в ИКТ-профили, которые используются при создании систем и элементов [74].

Одним из способов интерпретации SCOPE-модели является ее «наложение» на функциональную, системную и техническую архитектуры, представленные в концепции DODAF. Это позволяет согласовать основные параметры интероперабельности, представленные в SCOPE-модели, с формализованными архитектурами концепции DODAF. Однако это не означает, что модель SCOPE «привязана» к концепции DODAF или следует из нее. Основные параметры интероперабельности определенные в SCOPE-модели, можно рассматривать как сопоставления между каждым из 3-х видов архитектуры DODAF, а именно:

- 1) параметры сетевого взаимодействия (net-readiness) SCOPE-модели помогают оценить уровень соответствия системной архитектуры (system architecture) стандартам и уровню развития технической архитектуры (technical architecture) в DODAF-концепции;
- 2) внутренние и внешние параметры системы из SCOPE-модели (capability/domain-independent scope, capability/domain-dependent scope) помогают оценить, насколько информация, которая передается между объектами системы, удовлетворяет возможностям функциональной архитектуры (operational architecture), независимо от конкретных технологий, протоколов и аппаратно-программных решений технической архитектуры (technical architecture);
- 3) технико-экономические параметры (technical/economic feasibility) SCOPE-модели помогают оценить степень достижимости эксплуатационного потенциала системы с учетом стандартов и ограничений технической архитектуры (technical architecture) в DODAF-концепции. С другой стороны, эти же параметры характеризуют, какие требования должны предъявляться к технической архитектуре для достижения желаемого уровня эксплуатационных возможностей системы и цели ее функционирования.

На рис. 1.6 показана взаимосвязь SCOPE-модели и архитектур концепции DODAF. Данный рисунок также демонстрирует вопросы, которые ставятся и анализируются в рамках оценки частных параметров интероперабельности. Форма представления информации и порядок обмена информацией как правило

обуславливается локальными целями и функциональностью отдельных объектов системы. Объем представляемой информации определяется главным образом требованиями к полноте знаний о складывающейся ситуации и о состоянии среды функционирования. Уровни технологической готовности определяются доступностью технологических решений, необходимостью минимизации рисков взаимозависимости объектов, снижением затрат на разработку системы и обеспечением максимально возможной адаптации системы (в рамках ограничений по стоимости) к широкому кругу потенциальных потребностей клиентов. Техно-экономические параметры обусловлены главным образом доступностью открытых стандартов, возможностями по снижению затрат на сетевую инфраструктуру и информационные услуги, возможностями по снижению вариативности и общих затрат ресурсов.



Рис. 1.6. Взаимосвязь SCOPE-модели и концепции DODAF [74]

### 1.2.5. Руководство NIF

Руководство NIF (NCOIC Interoperability Framework) [64] издано в 2008 г. Сведения об обновлении NIF, по крайней мере в открытой печати, до 2022 г. отсутствуют. Документ образца 2008 г. всего содержит 125 стр., из них 63 стр. – основного текста, носящего концептуальный характер и не содержащего наименования конкретных стандартов.

Документ NIF представляет собой руководство для системных архитекторов и инженеров по разработке интероперабельных продуктов и архитектур, на основе уже представленных в документе принципов, образцов и шаблонов, которые, в свою очередь, базируются на использовании ИКТ-стандартов. Другими словами, NIF предоставляет собой руководство по обеспечению интеро-

переработки для того, чтобы любая организация могла разрабатывать компоненты и системы, таким образом, чтобы они были интероперабельными с компонентами и системами, разработанными другими организациями. При этом, поскольку NIF не может отвечать конкретным техническим требованиям конкретных систем, NIF определяется как «концепция концепций» («Framework of Frameworks» или «Overarching Framework») т.е. дословно «обобщенное руководство», в которую входят специализированные конкретные руководства для каждой конкретной технической области (рис. 1.7). Поэтому для NIF в целом можно использовать термин «общее руководство», а для частных аспектов интероперабельности для различных технических областей – термин «специализированное руководство».

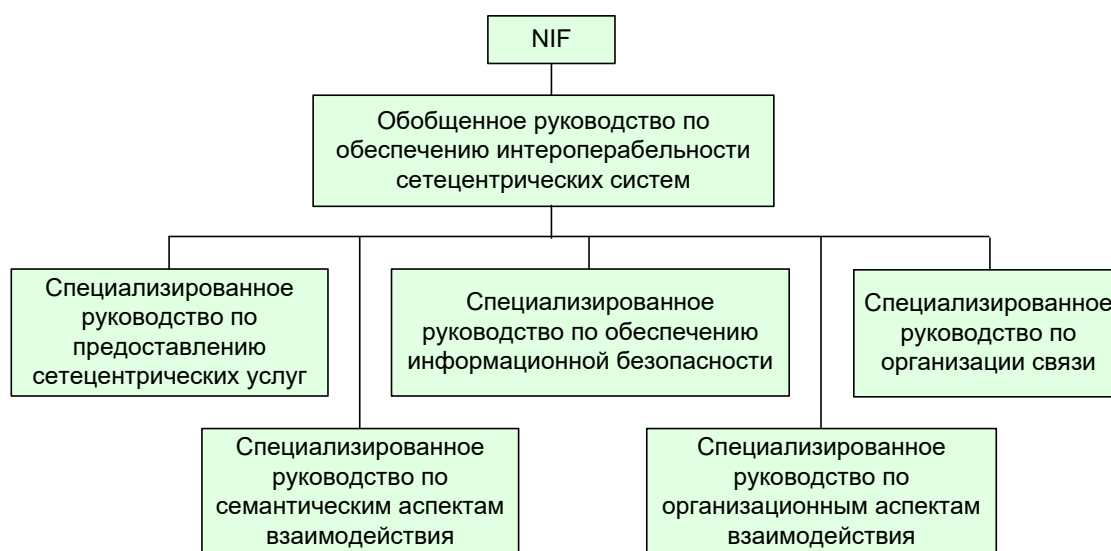


Рис. 1.7. Обобщенная и специализированные руководства в составе NIF [64]

Кроме того, что NIF содержит детальное описание «обобщенного руководства», в том числе, «Overarching Architecture Concept» – обобщенной архитектуры сетцентрической ОТС, в этом документе представлена модель интероперабельности для сетцентрической ОТС, так называемая, NIF-модель (рис. 1.8).

### 1.3. Отечественный подход к формализации интероперабельности ОТС

Необходимо отметить, что отечественный теоретический базис обеспечения интероперабельности ОТС пока находится в процессе своего становления и развития.

В отечественной нормативно-методической базе понятие «интероперабельность» впервые появилось в ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 «Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов» как подхарактеристика качества в рамках характеристики совместимости программной продукции.



Рис. 1.8. NIF-модель интероперабельности сетецентрической ОТС [64]

Наиболее глубокие и системные исследования по этой тематике велись в ИРЭ РАН им. В.А. Котельникова с 2007 г. Основными результатами этих исследований являются: отечественная эталонная модель интероперабельности, методика обеспечения интероперабельности, зафиксированные в национальном стандарте ГОСТ Р 55062 «Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения» [15], а также дальнейшие направления исследований по адаптации материалов SCOPE- и NIF-моделей к отечественному подходу к интероперабельности, представленному в ГОСТ Р 55062.

### 1.3.1. Эталонная модель интероперабельности

В России эталонная модель интероперабельности систем была разработана в Институте радиоэлектроники им. В.А. Котельникова РАН и представлена в отечественном стандарте по интероперабельности – ГОСТ Р 55062 «Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения» [15].

В соответствии с данной эталонной моделью взаимодействие информационных систем формализуется на трех иерархических уровнях интероперабельности (рис. 1.9) [15]:

1. техническом уровне;
2. семантическом уровне;
3. организационном уровне.

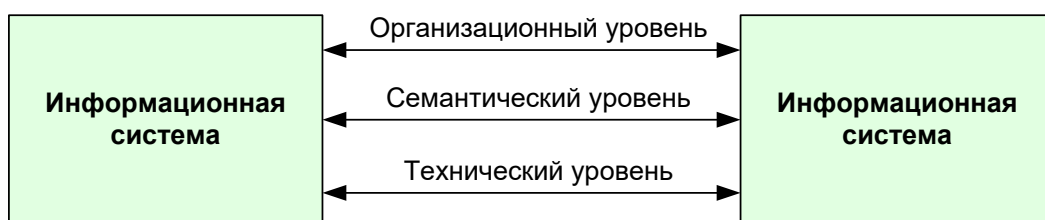


Рис. 1.9. Эталонная модель интероперабельности [15]

*Уровень интероперабельности* – степень абстракции, детализации и спецификации описания процесса обмена информацией и использования информации, полученной в результате такого обмена.

В соответствии с вышеуказанными уровнями, различают следующие частные представления единого понятия «интероперабельность» [15]:

- *техническая интероперабельность* – способность к обмену данными между участвующими в обмене системами с использованием технических средств;
- *семантическая интероперабельность* – способность взаимодействующих систем одинаковым образом интерпретировать смысл информации, которой они обмениваются;
- *организационная интероперабельность* – совместимость или совместность целей организаций, их бизнес-процессов, а также единство или эквивалентность нормативно-правовой базы, регламентирующей процессы информационного взаимодействия.

При этом под *совместимостью* понимают способность двух или более систем взаимодействовать друг с другом, а под *совместностью* – некую общность между двумя или более системами; функциональную связь между системами, когда они содействуют друг другу в достижении индивидуальных или общих целей.

Рассмотрим суть и существо этих уровней более подробно.

*Технический уровень интероперабельности* соответствует обеспечению единых стандартов формирования, передачи, хранения, поиска, обработки и представления информации. На этом же уровне должны решаться задачи обеспечения совместимости форматов данных, во всех вышеуказанных процессах, а для сетевой инфраструктуры – единство телекоммуникационных протоколов и требований к качеству обслуживания. В связи с широким распространением компьютерных атак на этом же уровне отдельно выделяются вопросы информационной безопасности и рассматривается функционирование различных технических подсистем: комплексов управления, связи и прочих аппаратно-программных комплексов. Здесь также рассматриваются вопросы технологической готовности различных технических комплексов и систем к информационному взаимодействию между собой, а также эргономики ЧМИ. В целом технический уровень решает практически все задачи информационной совместимости разнообразных технических, радиоэлектронных, аппаратных и программных средств.

Зачастую именно этот уровень интероперабельности имеется ввиду при использовании терминов «обеспечение информационной совместимости» или «обеспечение технической совместимости», что соответствует несистемному и неполному пониманию проблемы обеспечения интероперабельности. Несмотря на кажущуюся схожесть, интероперабельность является гораздо более широким понятием нежели техническая и информационная совместимость. Так, если обеспечение технической совместимости систем предполагает формирование и внедрение лишь общих интерфейсов, протоколов и стандартов обмена данными, то интероперабельность помимо этих мероприятий, как будет показано далее, требует решения множества других задач, учета совокупности различных аспектов и параметров на всех трех уровнях эталонной модели: организационном, семантическом и техническом.

*Семантический уровень интероперабельности* соответствует внедрению единых стандартов правильной интерпретации смысла циркулирующей в ОТС информации: данных, докладов, сводок и сведений. Значимость этого уровня приобретает особое значение в связи с наметившейся тенденцией к внедрению систем искусственного интеллекта (ИИ) в контур управления ОТС различного назначения. Человек-оператор интуитивно интерпретирует смысл всей поступающей информации, а лицо, принимающее решение (ЛПР) «вживается» в управляемую среду посредством анализа сообщений об складывающейся обстановке. Для систем с ИИ все это является сложной и нетривиальной задачей. Именно на семантическом уровне технические средства ИИ должны обеспечить компиляцию смысла большого количества информации, поступающей от различных источников, верно интерпретировать и оценить обстановку, принимать адекватные решения в ответ на те или иные действия. С все большим внедрением систем ИИ в системы поддержки принятия решений всеми ЛПР значимость этого уровня интероперабельности будет возрастать, поскольку именно на нём формализуются процессы компиляции и обработки смысла информации, преобразования ее в знания и обмен этими знаниями между системами ИИ, входящими в состав систем и комплексов управления, а через ЧМИ – с операторами и ЛПР.

*Организационный уровень интероперабельности* соответствует общим нормативно-правовым актам, регламентирующим общие задачи обеспечения информационной совместимости сил и средств ОТС при решении ее целевых задач. На данном уровне формулируются цели и задачи всех органов управления, порядок взаимодействия подчиненных сил, а также требования к средствам управления и связи. Разрабатываются руководящие документы, концепции и доктрины, которые определяют стратегии создания и развития ОТС (в первую очередь – комплексов управления, обработки информации и связи) с учетом обеспечения их информационной совместимости на всем протяжении жизненного цикла системы (создание, эксплуатация, модернизация, утилизация).

Логическую взаимосвязь технического, семантического и организационного уровней интероперабельности можно проиллюстрировать следующим наглядным примером. Если в двух разных странах двумя командами ведется

некий совместный проект, то возможность проведения телефонных переговоров, переписки по email, онлайн-конференций, совместное использование этими командами облачных ресурсов и программного обеспечения соответствует техническому уровню интероперабельности. Достижение понимания между двумя командами за счет того, что они говорят на одном языке (например, на английском), обладают образованием, знаниями и используют общую лексику для данной предметной области, – все это соответствует уровню семантической интероперабельности. А необходимость оформления технического задания на проект, отчетных документов, руководящих нормативных актов и бухгалтерской отчетности по проекту, по единой форме соответствует уровню организационной интероперабельности. Только при одновременной реализации технической, семантической и организационной интероперабельности можно говорить о достижении интероперабельности в целом.

### 1.3.2. Методика достижения интероперабельности

Кроме эталонной модели, ГОСТ Р 55062 [15] включает в себя девяти-этапную методику достижения интероперабельности, представленную на рис. 1.10. Основой практического достижения интероперабельности является разработка и внедрение профиля интероперабельности.

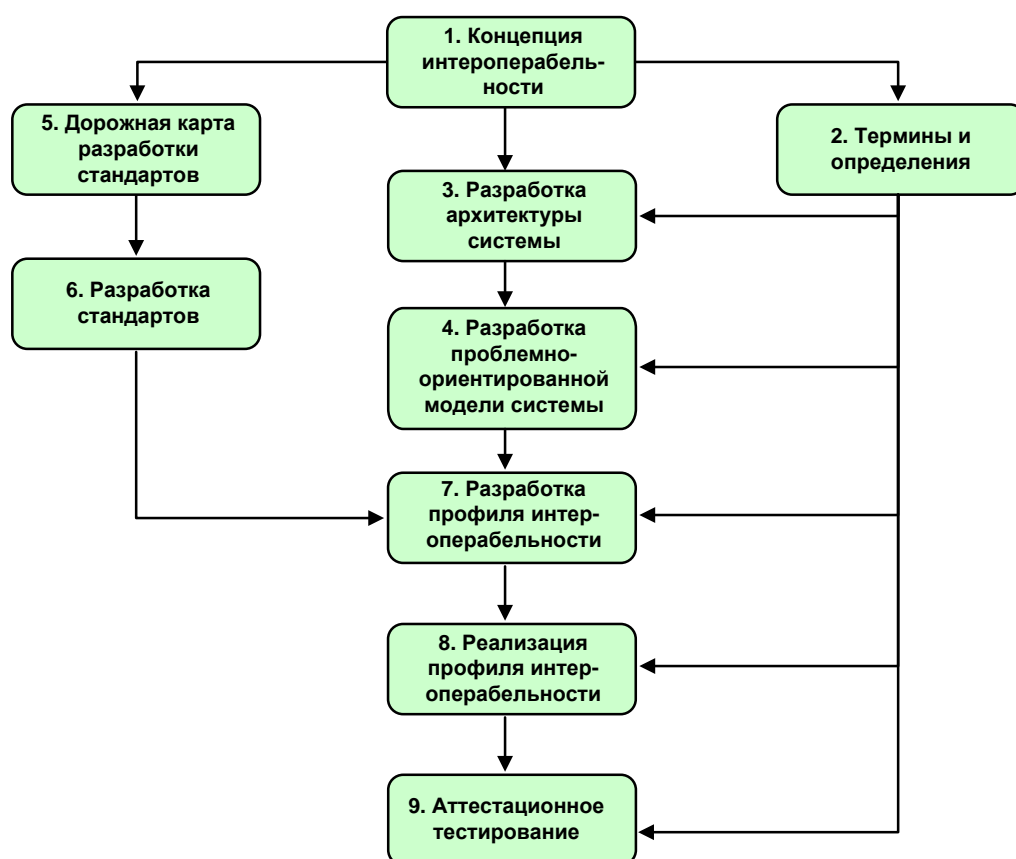


Рис. 1.10. Основные этапы методики достижения интероперабельности [15]

*Профиль* – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций и регламентов, обеспечивающих стандартизацию определенных функций в какой-либо области деятельности.

*Профиль интероперабельности* – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций и регламентов, обеспечивающих стандартизацию функций информационного взаимодействия конкретных систем определенного класса.

Процесс построения профиля интероперабельности состоит в последовательной идентификации требований к системе, требований к ее процессам и службам, необходимым для выполнения этих требований, требований к соответствующим информационным технологиям и к стандартам этих технологий.

### **1.3.3. Разработка расширенной отечественной описательной модели интероперабельности ОТС путем переработки SCOPE-модели**

Модель интероперабельности, представленная в ГОСТ Р 55062 [15], является эталонной – именно на её основе, в рамках решения задач обеспечения интероперабельности конкретных ОТС, должны строиться частные проблемно-ориентированные модели интероперабельности с большим количеством подуровней, а также с более развернутой и детализованной формализацией частных параметров организационного, семантического и технического уровней. Для формирования подуровней и большего числа параметров в проблемно-ориентированных моделях может использоваться международный опыт формализации интероперабельности, представленный в LISI- и SCOPE-моделях.

С учетом активного развития больших/сложных информационных ОТС, одним из основных направлений совершенствования отечественной модели интероперабельности является заимствование подходов к формализации и отдельных параметров SCOPE-модели (достаточно полное описание SCOPE-модели представлено в п. 1.2.3 данной монографии) с последующей их адаптацией и интеграцией в расширенную описательную модель интероперабельности ОТС. Вариант формирования такой расширенной описательной модели интероперабельности ОТС за счет адаптации и интеграции для 1-го и 2-го уровней детализации параметров SCOPE-модели, представлен на рис. 1.11.

Анализируя SCOPE-модель [63], следует обратить внимание на два обстоятельства. Во-первых, в SCOPE-модели представлена формализация интероперабельности в самом общем, абстрактном смысле, что позволяет применять данную модель не только к системам, но к возможностям, процессам функционирования, программам или организациям. Такой высокий уровень абстракции выгодно отличает SCOPE-модель от руководства NIF, которое является более практически-ориентированным. Во-вторых, SCOPE-модель предназначена для оценки (assessment) степени интероперабельности. В этом состоит особая ценность данной модели. Действительно, интероперабельность является не абсолютным, а относительным понятием, и SCOPE-модель предназначена для качественно-количественной оценки интероперабельности различных аспектов анализируемой системы на разных ее уровнях в соответствии с определенным набором параметров (dimensions).

Адаптация и интеграция SCOPE-модели в трехуровневую отечественную эталонную модель (рис. 1.9), позволит использовать наработанные и много-



кратно апробированные научно-методические подходы консорциума NCOIC в области описания частных параметров интероперабельности. Результатом такой интеграции будет расширенная описательная модель интероперабельности ОТС, детализирующей эталонную модель из ГОСТ Р 55062 [15], вариант которой представлен на рис. 1.12.

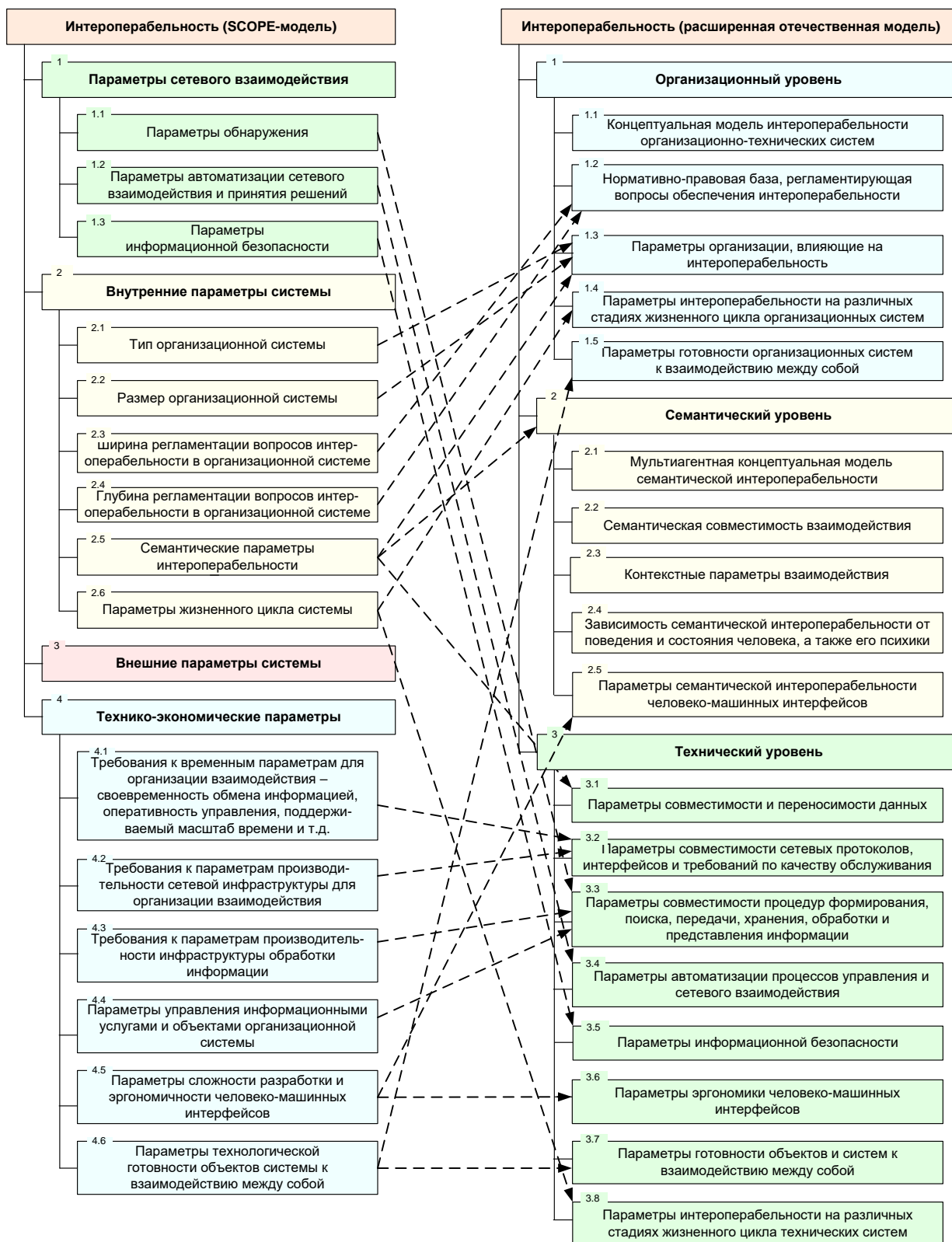


Рис. 1.11. Вариант адаптации и интеграции параметров SCOPE-модели в расширенную описательную модель интероперабельности ОТС

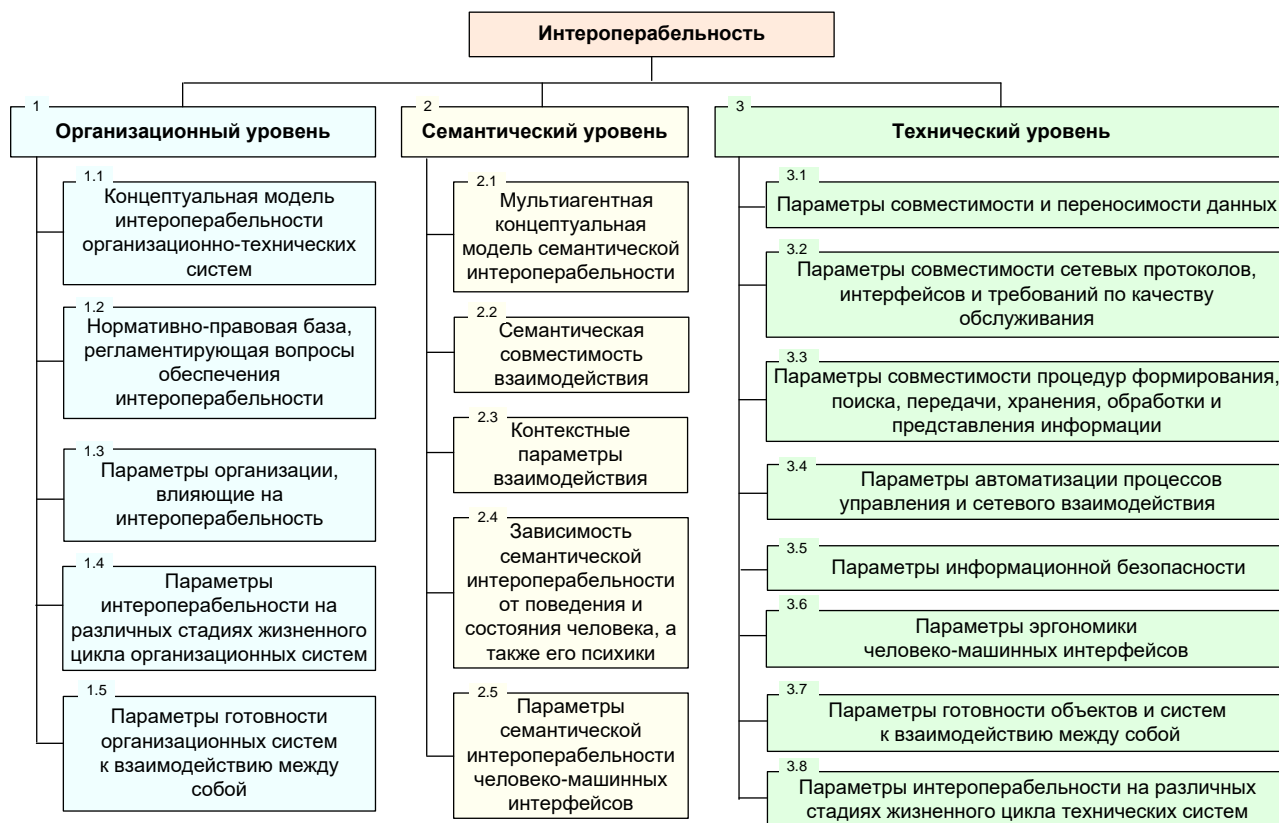


Рис. 1.12. Расширенная описательная модель интероперабельности ОТС

Фактически весь остальной материал монографии будет посвящен подробному описанию частных аспектов этой расширенной модели (рис. 1.12). При этом дальнейшем направлении развития этой расширенной модели будет являться оформление ее в виде национального стандарта ГОСТ Р и использование в практике построения российских информационных ОТС.

#### 1.3.4. Дополнение расширенной отечественной описательной модели интероперабельности ОТС частными положениями из NIF-модели

Документ NIF [64] издан в 2008 г. и представляет собой руководство для системных архитекторов и системных инженеров по разработке интероперабельных продуктов и архитектур, на основе уже представленных в документе принципов, образцов и шаблонов, которые, в свою очередь, базируются на использовании ИКТ-стандартов. Учитывая, значительное отставание РФ по данной тематике и то, что документ NIF носит концептуальный характер, представляется рациональным использовать основные его положения при развитии отечественного подхода к обеспечению интероперабельности в РФ. Именно это направление работы, на взгляд автора, является перспективным направлением исследований после завершения формирования расширенной описательной модели интероперабельности ОТС.

В документе NIF [64] представлена модель интероперабельности для сетцентрической ОТС, так называемая NIF-модель (рис. 1.8). Сравнивая

NIF-модель (рис. 1.8) и отечественную эталонную модель (рис. 1.9) можно сделать вывод, что нижний «технический» уровень эталонной модели в NIF-модели расщеплён на 2 подуровня, средний «семантический» уровень – расщеплен на 3 подуровня и верхний «организационный» уровень расщеплён на 4 подуровня (рис. 1.13).

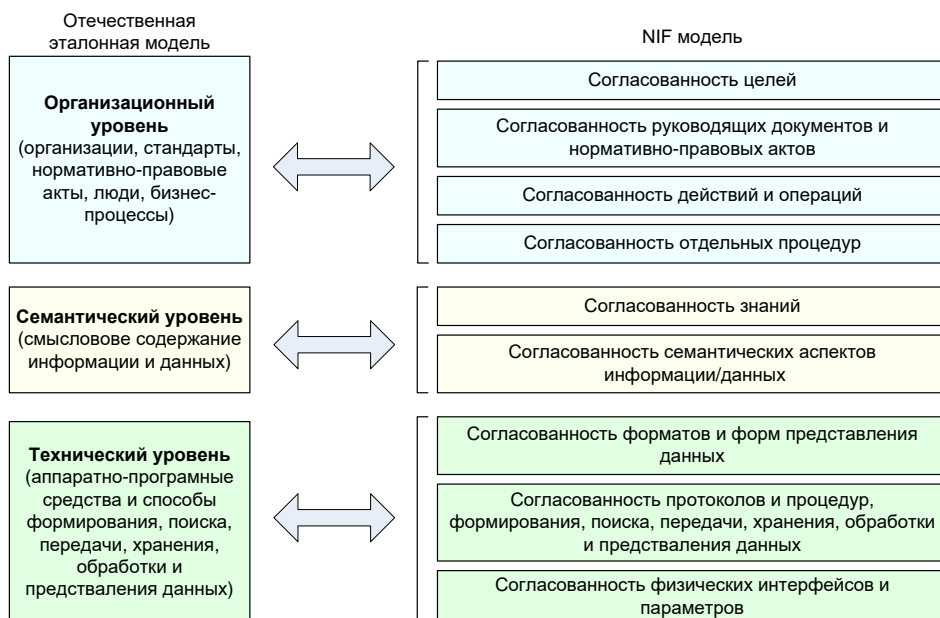


Рис. 1.13. Соответствие NIF-модели интероперабельности и отечественной эталонной модели

Наличие такого расщепления, позволяет говорить о возможности интеграции NIF-модели в состав расширенной описательной модели интероперабельности ОТС. Вариант, каким образом частные положения и аспекты NIF-модели могут быть использованы, путем их адаптации, в отечественном подходе в составе расширенной модели интероперабельности представлен на рис. 1.14. Под адаптацией NIF-модели понимается переработка ее разделов с целью гармонизации с эталонной трехуровневой моделью интероперабельности, как это представлено на рис. 1.14, а в дальнейшем – интеграция в расширенную модель.

## Основные выводы по 1 главе

Проведен ретроспективный анализ возникновения и развития исследований в области обеспечения интероперабельности (п. 1.1). Показано, что первым шагом к формулированию проблемы интероперабельности стало появление и развитие сети Интернет, как большой гетерогенной информационной ОТС. Дальнейшее внедрение больших корпоративных и военных информационных ОТС положило начало системным исследованиям вопросов обеспечения интероперабельности.

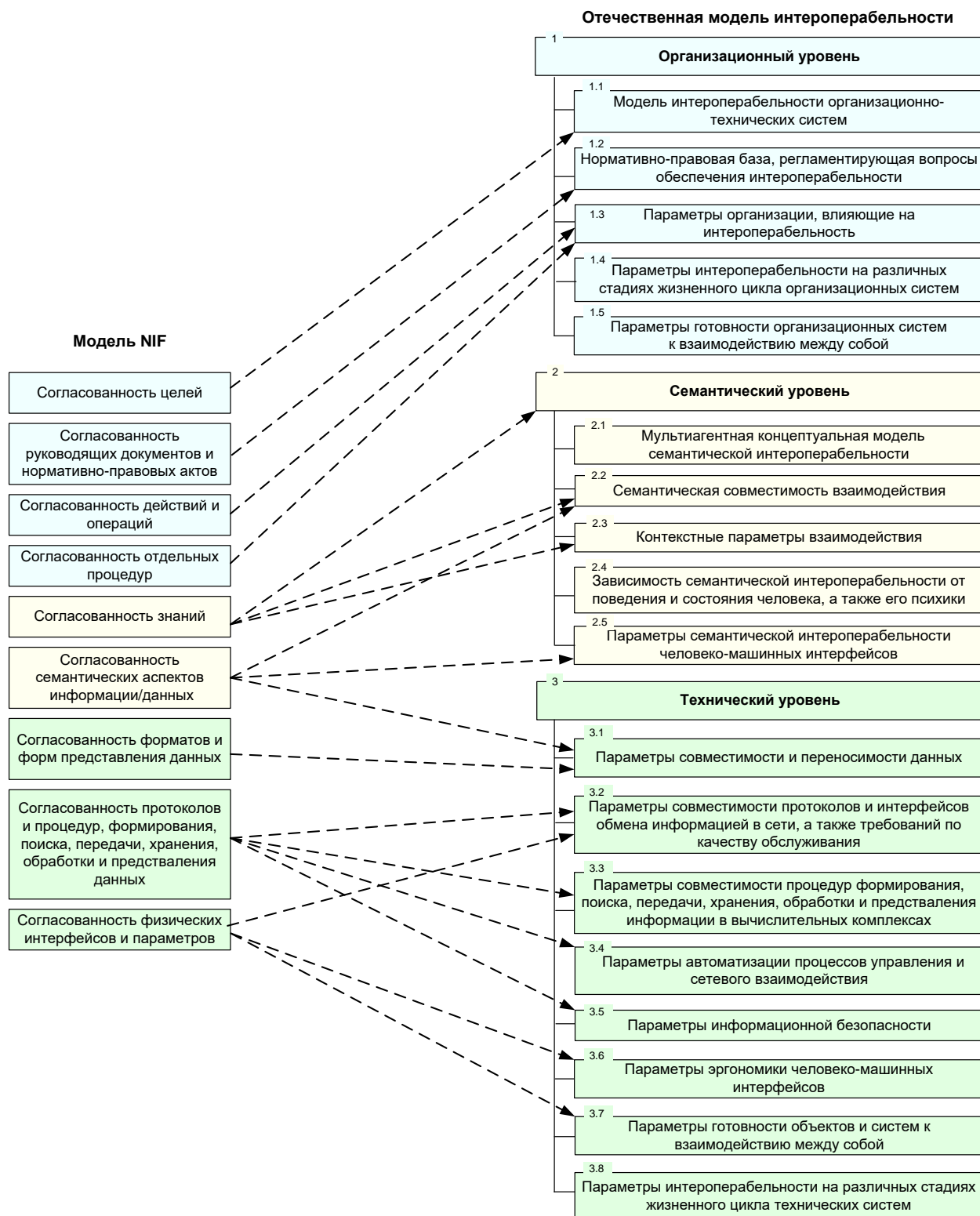


Рис. 1.14. Адаптация NIF-модели к расширенной описательной модели интероперабельности ОТС

Представлен краткий анализ проведенных исследований в области интероперабельности в России и за рубежом. Показано что в период с 1990-х гг. ведущие зарубежные страны, в первую очередь США и Западной Европы, разработали большое количество теоретических положений, позволяющих на прак-

тике обеспечить интероперабельность больших информационных ОТС. К таким положениям можно отнести:

- нисходящий и восходящий подходы к обеспечению интероперабельности (представлены в п. 1.2.1);
- LISI-модель (представлена в п. 1.2.2);
- SCOPE-модель (представлена в п. 1.2.3);
- концепцию DODAF (представлена в п. 1.2.4);
- руководство NIF (представлена в п. 1.2.5).

В России системные исследования обеспечения интероперабельности ОТС ведутся только с 2007 г., однако, в существенно меньшем масштабе и при этом, к сожалению, эти исследования слабо увязаны с насущной проблемой преодоления отечественного отставания в области ИКТ-технологий. Основные российские результаты в области обеспечения интероперабельности представлены эталонной моделью интероперабельности (п. 1.3.1), методикой обеспечения интероперабельности (п. 1.3.2), представленными в ГОСТ Р 55062 [15], а также направлениями адаптации вышеуказанных зарубежных положений к российской практике построения информационных ОТС (п. 1.3.3-1.3.4).

Обосновано, что одним из основных направлений совершенствования отечественной модели интероперабельности является заимствование подходов к формализации и отдельных параметров из SCOPE и NIF моделей с последующей их адаптацией и интеграцией в расширенную описательную модель интероперабельности ОТС. Представлены: обобщенная структура такой расширенной описательной модель интероперабельности ОТС (п. 1.3.3 – рис. 1.12); предложения по дополнению данной конкретными параметрами из SCOPE и NIF моделей (п. 1.3.4).

В основу 1-ой главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора [18, 22, 32].

## **ЧАСТЬ II. РАСШИРЕННАЯ ОПИСАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ОТС**

Вторая часть работы, в составе 2-4 главы монографии, посвящена подробному изложению сути и содержания расширенной описательной модели интероперабельности ОТС, порядок разработки которой представлен в п. 1.3.3 и 1.3.4. Данная модель формируется за счет компиляции, адаптации и интеграции SCOPE-модели [63] и NIF-модели [63] по отношению к отечественной эталонной модели, изложенной в ГОСТ Р 55062 [15].

Общий графический вид основных аспектов и параметров расширенной отечественной описательной модели интероперабельности ОТС на каждом из уровней представлен на рис. 1.12.

Вместе с тем, графическое представление модели на этом рисунке, фактически, представляет собой лишь «вершину айсберга» и не отображает с должной степенью подробности декомпозицию аспектов и параметров, входящих в состав расширенной описательной модели. В связи с этим, такая декомпозиция представлена ниже.

### ***Расширенная описательная модель интероперабельности ОТС***

#### **1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ:**

##### *1.1. Концептуальная модель интероперабельности ОТС:*

*1.1.1. Схема модели, основные процессы, категории и объекты;*

*1.1.2. Интероперабельность основных процессов, категорий и объектов в составе модели:*

*1.1.2.1. Интероперабельность на организационном уровне;*

*1.1.2.2. Интероперабельность на семантическом уровне;*

*1.1.2.3. Интероперабельность на техническом уровне;*

*1.1.3. Межуровневая связь интероперабельности через совместные процессы, категории и объекты;*

*1.1.4. Требования, предъявляемые к информации, к подсистемам связи и управления ОТС;*

##### *1.2. Нормативно-правовая база, регламентирующая вопросы обеспечения интероперабельности:*

*1.2.1. Документы, регламентирующие обеспечение интероперабельности:*

*1.2.1.1. Типы документов;*

*1.2.1.2. Организационный уровень;*

*1.2.1.3. Семантический уровень;*

*1.2.1.4. Технический уровень;*

*1.2.2. Ширина регламентации вопросов интероперабельности:*

*1.2.2.1. Степень охвата целей и задач;*

*1.2.2.2. Степень охвата числа функций;*

*1.2.2.3. Степень охвата взаимодействующих элементов;*

- 1.2.2.4. Степень охвата структуры и плотности информационных связей, учет интенсивности информационного обмена взаимодействующих элементов;
- 1.2.2.5. Дополнительные аспекты, которые нужно учитывать при оценке ширины регламентации вопросов интероперабельности;
- 1.2.3. Глубина регламентации вопросов интероперабельности;
- 1.3. Параметры организации, влияющие на интероперабельность:
  - 1.3.1. Тип и назначение организационной системы;
  - 1.3.2. Среда и контекст функционирования организационной системы;
  - 1.3.3. Размер организационной системы:
    - 1.3.3.1. Масштаб организационной системы;
    - 1.3.3.2. Степень гетерогенности организационной системы;
  - 1.3.4. Структура и принципы управления:
    - 1.3.4.1. Иерархическая система управления;
    - 1.3.4.2. Сетевая система управления;
    - 1.3.4.3. Сетецентрическая система управления;
  - 1.3.5. Структура информационных связей и принципы информационного взаимодействия;
  - 1.3.6. Барьеры интероперабельности:
    - 1.3.6.1. для бизнеса;
    - 1.3.6.2. для процессов;
    - 1.3.6.3. для услуг;
    - 1.3.6.4. для данных;
  - 1.3.7. Изменчивость;
- 1.4. Параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла организационных систем;
- 1.5. Параметры готовности организационных систем к взаимодействию между собой:
  - 1.5.1. Уровни готовности организационной системы к взаимодействию с другими системами;
  - 1.5.2. Уровни готовности организационной системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнеса, процессов, служб и данных;
  - 1.5.3. Уровни готовности среды взаимодействия;
  - 1.5.4. Степени функциональной совместимости систем;
- 2. СЕМАНТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ:**
  - 2.1. Мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС:
    - 2.1.1. Классификация агентов в ОТС;
    - 2.1.2. Общая схема семантического взаимодействия агентов в ОТС;
  - 2.2. Семантическая совместимость взаимодействия:
    - 2.2.1. Общие особенности межагентного взаимодействия в ОТС;
    - 2.2.2. Основные составляющие взаимодействия агентов:
      - 2.2.2.1. Модель знаний агента;
      - 2.2.2.2. Информация, которой обмениваются агенты;

- 2.2.2.3. *Цель взаимодействия агентов;*
- 2.2.2.4. *Предметная область взаимодействия;*
- 2.2.2.5. *Контекст взаимодействия;*
- 2.2.3. *Особенности взаимодействия и семантическая совместимость технических агентов:*
  - 2.2.3.1. *Взаимодействие интеллектуальных агентов;*
  - 2.2.3.2. *Взаимодействие интеллектуального агента с реактивным агентом;*
  - 2.2.3.3. *Взаимодействие реактивных агентов;*
- 2.2.4. *Особенности взаимодействия и семантической совместимости агентов-пользователей:*
  - 2.2.4.1. *Синтаксическая и лингвистическая совместимость;*
  - 2.2.4.2. *Совместимость знаний и понятий в предметных областях;*
  - 2.2.4.3. *Особенности вербального (речевого) взаимодействия;*
- 2.2.5. *Проблемы передачи неявной информации и формирования неявных знаний при семантическом взаимодействии;*
- 2.3. *Контекстные параметры взаимодействия;*
- 2.4. *Зависимость семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики:*
  - 2.4.1. *Факторы индивидуальных психических особенностей и психического состояния:*
    - 2.4.1.1. *Темперамент;*
    - 2.4.1.2. *Характер;*
    - 2.4.1.3. *Способности;*
    - 2.4.1.4. *Чувства и эмоции;*
    - 2.4.1.5. *Воля;*
    - 2.4.1.6. *Психические состояния;*
  - 2.4.2. *Факторы роли и выполняемых обязанностей, типа организации, структуры управления и корпоративной культуры;*
  - 2.4.3. *Факторы ориентированности человека на следование целям, инструкциям и поведенческим шаблонам той организационной системы, частью которой он является;*
  - 2.4.4. *Контекст человеческого взаимодействия;*
- 2.5. *Параметры семантической интероперабельности человеко-машинных интерфейсов\*;*
- 3. ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ:**
  - 3.1. *Параметры совместимости и переносимости данных;*
    - 3.1.1. *Формируемые данные: файлы, потоки данных;*
    - 3.1.2. *Передаваемые данные: пакеты сетевых протоколов, потоки блоков данных;*
    - 3.1.3. *Хранимые данные: базы и хранилища:*
      - 3.1.3.1. *Файловые хранилища;*
      - 3.1.3.2. *Базы данных;*
      - 3.1.3.3. *Базы знаний;*
      - 3.1.3.4. *Большие данные;*



- 3.1.4. *Обрабатываемые данные: аппаратно-программная платформа:*
  - 3.1.4.1. *Уровень аппаратных средств;*
  - 3.1.4.2. *Уровень операционной системы и системного программного обеспечения;*
  - 3.1.4.3. *Уровень пользовательского программного обеспечения;*
- 3.1.5. *Данные, представляемые пользователю;*
- 3.2. *Параметры совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания:*
  - 3.2.1. *Совместимость сетевых протоколов:*
    - 3.2.1.1. *на физическом уровне;*
    - 3.2.1.2. *на канальном уровне;*
    - 3.2.1.3. *на сетевом уровне;*
    - 3.2.1.4. *на транспортном уровне;*
    - 3.2.1.5. *на сеансовом уровне;*
    - 3.2.1.6. *на представительном уровне;*
    - 3.2.1.7. *на сеансовом уровне;*
  - 3.2.2. *Совместимость сетевых интерфейсов:*
    - 3.2.2.1. *на физическом уровне;*
    - 3.2.2.2. *на канальном уровне;*
    - 3.2.2.3. *на сетевом уровне;*
    - 3.2.2.4. *на транспортном уровне;*
    - 3.2.2.5. *на сеансовом уровне;*
    - 3.2.2.6. *на представительном уровне;*
    - 3.2.2.7. *на сеансовом уровне;*
  - 3.2.3. *Совместимость требований по качеству обслуживания:*
    - 3.2.3.1. *по скорости передаче;*
    - 3.2.3.2. *по задержке передаче;*
    - 3.2.3.3. *по джиттеру;*
    - 3.2.3.4. *по вероятности потерь пакетов/сообщений;*
    - 3.2.3.5. *по необходимости передачи в режиме реального времени;*
    - 3.2.3.6. *по необходимости установления соединения;*
    - 3.2.3.7. *по необходимости синхронизации;*
- 3.3. *Параметры совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации;*
  - 3.3.1. *Параметры формирования, передачи, хранения, обработки и представления информации при работе с информационными ресурсами:*
    - 3.3.1.1. *Параметры формирования информации;*
    - 3.3.1.2. *Параметры передачи данных;*
    - 3.3.1.3. *Параметры хранения данных;*
    - 3.3.1.4. *Параметры обработки данных;*
    - 3.3.1.5. *Параметры представления информации;*
  - 3.3.2. *Параметры обнаружения, поиска и доступа к информационным ресурсам:*
    - 4.3.2.1. *Параметры обнаружения информационного ресурса;*
    - 4.3.2.2. *Полнота описания информационного ресурса;*

- 3.3.2.3. *Параметры метаданных информационного ресурса;*
- 3.3.2.4. *Механизм оповещения об информационном ресурсе, его доступности и порядке доступа к нему;*
- 3.3.2.5. *Необходимость формирования предварительной договоренности перед началом взаимодействия с информационным ресурсом;*
- 3.3.3. *Параметры управления информационными ресурсами и услугами в системе:*
  - 3.3.3.1. *Параметры динамического предоставления информационных услуг;*
  - 3.3.3.2. *Параметры динамического конфигурирования информационных ресурсов и услуг;*
  - 3.3.3.3. *Уровень качества обслуживания при предоставлении информационных услуг;*
- 3.4. *Параметры автоматизации процессов управления и сетевого взаимодействия:*
  - 3.4.1. *Автоматизация процессов управления и принятия решений:*
    - 3.4.1.1. *Степень автоматизации принятия решений;*
    - 3.4.1.2. *Степень автоматизации управления;*
    - 3.4.1.3. *Степень автоматизации оценивания адекватности принятых решений и выполняемых действий;*
    - 3.4.1.4. *Степень автоматизации человеко-машинного взаимодействия;*
  - 3.4.2. *Автоматизация сетевого взаимодействия:*
    - 3.4.2.1. *Степень автоматизации управления сетевой инфраструктурой:*
      - 3.4.2.1.1. *Степень автоматизации конфигурирования сети;*
      - 3.4.2.1.2. *Степень автоматизации процедур оптимизации производительности сети;*
      - 3.4.2.1.3. *Степень автоматизации процедур обеспечения качества обслуживания в сети;*
      - 3.4.2.1.4. *Степень автоматизации процедур восстановления работоспособности сети при отказах;*
    - 3.4.2.2. *Степень автоматизации процедур защиты сети от преднамеренных дестабилизирующих воздействий;*
    - 3.4.2.3. *Степень автоматизации процедур обеспечения информационной безопасности в сети;*
- 3.5. *Параметры информационной безопасности:*
  - 3.5.1. *Объекты, процессы и этапы жизненного цикла данных для которых требуется обеспечение информационной безопасности;*
  - 3.5.2. *Показатели информационной безопасности:*
    - 3.5.2.1. *Основные показатели;*
    - 3.5.2.2. *Дополнительные показатели;*
- 3.6. *Параметры эргономики человеко-машинных интерфейсов\*;*

3.7. *Параметры готовности объектов и систем к взаимодействию между собой:*

3.7.1. *Уровни технологической готовности технологий и объектов для интеграции в систему и между собой;*

3.7.2. *Уровни готовности систем к взаимодействию;*

3.7.3. *Уровни готовности системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнес-процессов, информационных процессов и служб, данных;*

3.7.4. *Уровни готовности среды взаимодействия;*

3.7.5. *Степени функциональной совместимости систем;*

3.8. *Параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла технических систем:*

3.8.1. *Основные модели жизненного цикла технических систем:*

3.8.1.1. *Жизненный цикл автоматизированных систем, в соответствии со стандартом ГОСТ Р 59793-2021;*

3.8.1.2. *Жизненный цикл продукции, в соответствии с рекомендациями Р 50-605-80-93;*

3.8.1.3. *Жизненный цикл систем, в соответствии с моделью управления закупками Министерства обороны США;*

3.8.1.4. *Жизненный цикл автоматизированных систем, в соответствии с моделью национальной ассоциации профессиональных инженеров NSPE;*

3.8.1.5. *Жизненный цикл программного обеспечения, в соответствии со стандартом ISO/IEC 12207;*

3.8.1.6. *Жизненный цикл систем, в соответствии со стандартом ISO/IEC/IEEE 15288:2015;*

3.8.2. *Мероприятия обеспечения интероперабельности на каждой типовой стадии жизненного цикла системы:*

3.8.2.1. *на стадии формирования требований к системе;*

3.8.2.2. *на стадии проектирования;*

3.8.2.3. *на стадии создания;*

3.8.2.4. *на стадии ввода в эксплуатацию;*

3.8.2.5. *на стадии эксплуатации;*

3.8.2.6. *на стадии модернизации;*

3.8.2.7. *на стадии утилизации.*

Примечание: \*в составе данной модели аспекты и параметры человеко-машинных интерфейсов детально не раскрываются и подробно в этой работе не рассматриваются. Они были детально раскрыты и подробно рассмотрены в предыдущей отдельной монографии автора [32].

Далее, в 2-4 главах монографии все вышеуказанные аспекты и параметры, входящие в расширенную описательную модель интероперабельности ОТС, будут рассмотрены более подробно. Причем каждому уровню интероперабельности будет посвящена отдельная глава, а каждому частному аспекту или группе параметров – отдельный подраздел.

## 2. Организационный уровень интероперабельности

В соответствии с эталонной моделью интероперабельности выделяют три уровня: организационный, семантический, технический.

Наиболее «высоким» уровнем интероперабельности является организационный уровень, с которого в данной работе и начинается рассмотрение расширенной модели интероперабельности ОТС.

*Организационный уровень интероперабельности* – уровень интероперабельности, на котором формализуются совместимость или совместность целей организаций, их бизнес-процессов, а также единство или эквивалентность нормативно-правовой базы, регламентирующей процессы информационного взаимодействия.

Соответственно, рассматривая информационное взаимодействие ОТС на этом уровне, можно ввести понятие «организационная интероперабельность».

*Организационная интероперабельность* – совместимость или совместность целей организаций, их бизнес-процессов, а также единство или эквивалентность нормативно-правовой базы, регламентирующей процессы информационного взаимодействия.

При этом под *совместимостью* понимают способность двух или более систем взаимодействовать друг с другом, а под *совместностью* – некую общность между двумя или более системами; функциональную связь между системами, когда они содействуют друг другу в достижении индивидуальных или общих целей.

Аспекты и параметры, составляющие содержание организационного уровня интероперабельности, представлены на рис. 2.1. Каждый из этих аспектов будет далее подробно рассмотрен в отдельном подразделе.



Рис. 2.1. Аспекты и параметры, составляющие содержание организационного уровня интероперабельности

### 2.1. Концептуальная модель интероперабельности ОТС

Рассмотрим ОТС как совокупность организационной и технической подсистем.

*Организационная подсистема ОТС* – совокупность: персонала, иерархии подчинённости, структурой и принципами управления, структурой и принципами информационного взаимодействия между людьми.

*Техническая подсистема ОТС* – совокупность технических подсистем, комплексов или средств, построенных на основе принципов механики, автоматики, электроники, радиотехники, программной инженерии или робототехники, выполняющих автоматические и автоматизированные функции по реализации информационных процессов или процессов управления в системе.

Отметим, что именно организационная интероперабельность является, на взгляд автора, одним из важнейших уровней интероперабельности. Это обусловлено тем, что в ее составе рассматриваются не только параметры, относящиеся непосредственно к организационной подсистеме ОТС (например, такие как тип организации, особенности организации бизнес-процессов, структура, масштаб и плотность информационных связей и т.д.), но и нормативно-правовой базис (законы, стандарты, регламенты, рекомендации и т.д.), регламентирующий обеспечение интероперабельности на всех ее уровнях – организационном, семантическом и техническом.

Представленная концептуальная модель носит обобщенный, в наименьшей степени формализованный характер, в связи с чем и называется *концептуальной моделью* – моделью, отражающей с необходимой полнотой взаимодействие ОТС, в основных содержательных аспектах, и сформулированной на естественном языке с использованием положений логики и здравого смысла. Однако, несмотря на свою общность, эта модель охватывает основные взаимодействующие процессы, категории, объекты и уровни интероперабельности, что позволяет распространить ее на широкий класс реальных ОТС.

### **2.1.1. Схема модели, основные процессы, категории и объекты**

Концептуальная модель интероперабельности ОТС, фактически, ранее была представлена в ГОСТ Р ИСО 11354-1-2012 «Усовершенствованные автоматизированные технологии и их применение. Требования к установлению интероперабельности процессов промышленных предприятий. Часть 1. Основа интероперабельности предприятий» [83]. Однако, в связи с тем, что этот ГОСТ, по своей сути, является прямым переводом международного стандарта ISO 11354-1:2011 «Advanced automation technologies and their applications - Requirements for establishing manufacturing enterprise process interoperability – Part 1: Framework for enterprise interoperability» [84], представленную в нем модель необходимо модифицировать путем терминологического и структурного согласования с эталонной отечественной моделью интероперабельности, представленной в ГОСТ Р 55062 [15], а также с новыми стандартами по интероперабельности сетевых и сложных систем – ГОСТ Р 70569-2022 [55] и ГОСТ Р 59797-2021 [85].

Вариант такой модифицированной концептуальной модели интероперабельности ОТС представлен на рис. 2.2. На рисунке показаны взаимодействующие ОТС, их организационная и техническая подсистемы, а также те процес-

сы, категории и объекты ОТС, которые входят в порядок регламентации организационного, семантического и технического уровней интероперабельности. Необходимо отметить, что, несмотря на то, что на рис. 2.2 представлены две ОТС, указанная на рисунке логика взаимодействия может быть распространена не только на целые системы (для внешней интероперабельности), но и на взаимодействие отдельных организационных подразделений внутри одной и той же системы (для внутренней интероперабельности).

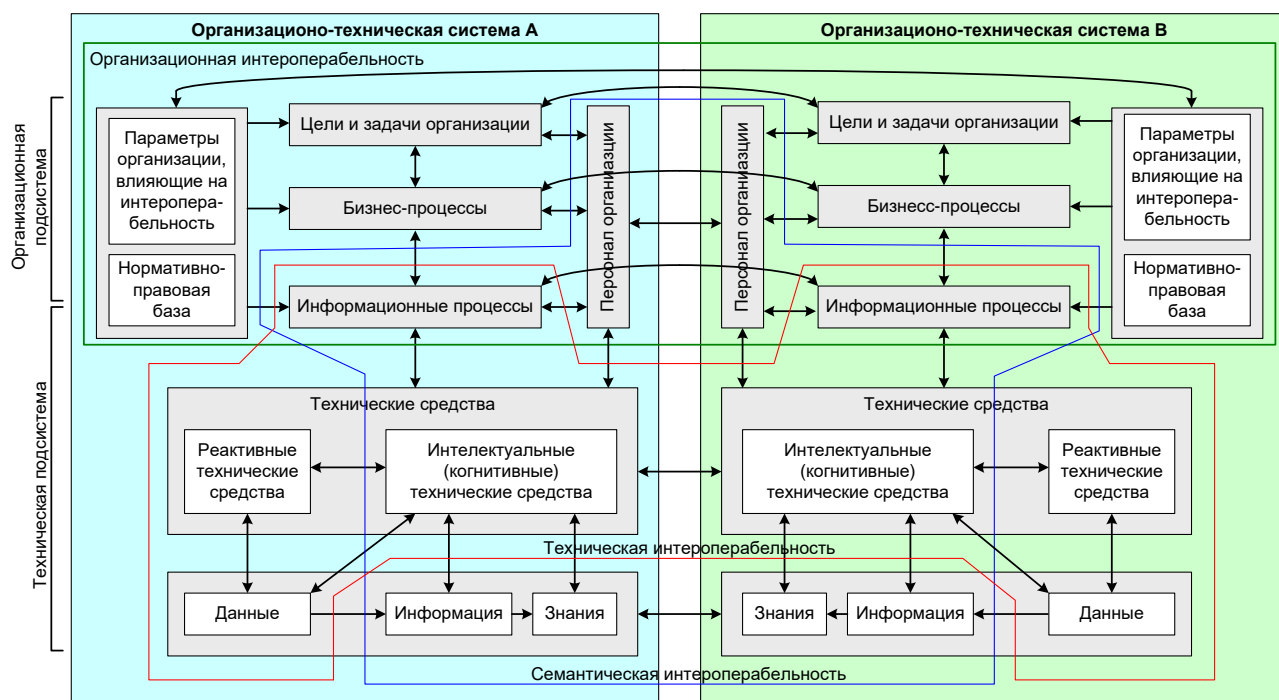


Рис. 2.2. Концептуальная модель интероперабельности ОТС

В составе модели представлены следующие процессы, категории и объекты:

1) *цели и задачи организации* – общая направленность организации на удовлетворение социально-значимых потребностей общества, получение коммерческой выгоды, производства продукции (изделий, товаров и услуг) т.д. *Цели организации* – результаты, которых стремится достичь организация, и на достижение которых направлена ее деятельность, например, получение прибыли. *Задачи организации* – частные цели, которых необходимо достичь или трудности которые необходимо преодолеть в рамках планового периода для достижения глобальных целей организации;

2) *бизнес-процессы* – совокупность взаимосвязанных мероприятий или работ, направленных на достижение целей организации;

3) *персонал организации* – совокупность: ЛПР, менеджеров, командиров и начальников; пользователей; специалистов различного профиля, вовлечённых в бизнес-процессы организации в интересах достижения ее целей;

4) *информационные процессы* – это процедуры и операции, проводимые над информацией, которые включают в себя: формирование, сбор и передачу,

хранение и архивацию, обработку, использование, представление и уничтожение информации;

5) *технические средства* (ТС) – в рамках данной модели: совокупность технических подсистем, комплексов или средств, построенных на основе принципов механики, автоматики, электроники, радиотехники, программной инженерии или робототехники, выполняющих автоматические и автоматизированные функции по реализации информационных процессов или процессов управления в системе. В составе технических средств можно выделить:

5.1) *интеллектуальные технические средства* (ИТС) – технические подсистемы, комплексы или средства, в которых реализована собственная модель знаний и система интеллектуальных функций, в том числе функций взаимодействия, выполнение которых традиционно считаются прерогативой человека, а именно: осознание новых ситуаций; обучение и запоминание на основе предыдущего опыта; понимание и применение абстрактных концепций; познание и формирование знаний; использование знаний для решения проблем и управления окружающей средой;

5.2) *реактивные технические средства* (РТС) – технические подсистемы, комплексы или средства, построенные по принципу «входная информация – реакция». В таких средствах отсутствует собственная модель знаний, а взаимодействие с таким типом средств формируется на основе некоторого набора типовых выходных реакций, которые зависят от входных данных и состояния. Как правило, реактивные технические средства реализуются в виде механической или автоматной системы, выполняющей простейшие неинтеллектуальные функции в ОТС;

б) *данные* – поддающееся многократной интерпретации представление информации в формализованном знаково-символьном виде, пригодном для формирования, сбора, хранения, передачи, обработки или представления в информационных системах [62]. Информационные процессы над данными могут выполнять все виды технических средств и персонал организации;

7) *информация* – сведения, независимо от формы их представления, относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определенном контексте имеют конкретный смысл (семантическое значение) и интерпретацию [62]. В обобщенном виде можно записать: «информация» = «данные» + «смысл». Информационные процессы над информацией могут производить только персонал организации и ИТС. РТС не могут извлекать и обрабатывать смысл информации из совокупности данных;

8) *знания* – совокупность информации о некоторой предметной области, хранящаяся в формально-упорядоченном виде и пригодной для решения какой-либо задачи или достижения определенной цели; проверенный практикой и удостоверенный логикой результат познания действительности, отраженный в виде представлений, понятий, суждений и теорий [62]. В обобщенном виде можно записать: «знания» = «информация» + «цель ее использования». Информационные процессы над знаниями могут производить только люди и ИТС. РТС не могут извлекать знания из информации и применять их для решения новых задач;

9) *нормативно-правовая база* – в рамках данной модели: совокупность нормативно-правовых актов и документов, регламентирующих вопросы интероперабельности;

10) *параметры организации, влияющие на интероперабельность* – в рамках данной модели: разнообразные параметры, факторы и аспекты организационной подсистемы ОТС, прямо или косвенно влияющие на степень достижения интероперабельности ОТС в целом. К таким параметрам можно отнести: тип и размер организации, принятая в ней система управления и структура информационных связей, наличие барьеров интероперабельности на организационном уровне и т.д.

## **2.1.2. Интероперабельность основных процессов, категорий и объектов в составе модели**

### **2.1.2.1. Интероперабельность на организационном уровне**

*Организационный уровень интероперабельности* – уровень интероперабельности, на котором формализуются совместимость или совместность целей организаций, их бизнес-процессов, а также единство или эквивалентность нормативно-правовой базы, регламентирующей процессы информационного взаимодействия.

*Организационная интероперабельность* – совместимость или совместность целей организаций, их бизнес-процессов, а также единство или эквивалентность нормативно-правовой базы, регламентирующей процессы информационного взаимодействия.

Организационная интероперабельность на организационном уровне зависит от:

1) совместности целей и задач ОТС – наличия на организационном уровне общих и взаимно-вложенных целей и задач в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в различных подразделениях одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности). Наличие общих целей и задач является первопричиной, запускающей процесс информационного взаимодействия в интересах организации совместных действий. Отсутствие общих целей и задач соответствует случаю, когда у ОТС нет причин в каком-либо информационном взаимодействии вследствие того, что они работают в разных областях;

2) взаимосвязанности бизнес-процессов ОТС – наличия на организационном уровне общих или взаимосвязанных бизнес-процессов в рамках достижения общих целей и решения совместных задач в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в различных подразделениях одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

3) необходимости информационного взаимодействия персонала ОТС – наличия на организационном уровне потребности в процессах информационного обмена между должностными лицами ОТС по принципам «человек – человек», «человек – ТС – человек» в рамках обеспечения реализации общих или взаимосвязанных бизнес-процессов в различных ОТС (для внешней интеропе-



рабельности) или в различных подразделениях одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

4) взаимосвязанности информационных процессов ОТС – наличия на организационном уровне общих или взаимосвязанных информационных процессов по принципам «человек – человек», «человек – ТС – человек» и «человек – ТС» в рамках обеспечения реализации общих или взаимосвязанных бизнес-процессов в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в различных подразделениях одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

5) совместимости нормативно-правовых баз ОТС – наличия на организационном уровне общих или юридически совместимых нормативно-правовых актов и документов, регламентирующих информационное взаимодействие в рамках обеспечения реализации общих или взаимосвязанных бизнес-процессов в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в различных подразделениях одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

б) общности или совместимости других параметров ОТС, влияющих на интероперабельность.

#### **2.1.2.2. Интероперабельность на семантическом уровне**

*Семантический уровень интероперабельности* – уровень интероперабельности, на котором формализуются стандарты, нормы и правила единообразной и правильной интерпретации смысла информации.

*Семантическая интероперабельность* – способность взаимодействующих объектов правильно и одинаковым образом интерпретировать смысл информации, которой они обмениваются.

Семантическая интероперабельность на семантическом уровне зависит от:

1) однозначной трактовки смысла сообщений, передаваемых в процессах информационного обмена между должностными лицами ОТС по принципам «человек – человек», «человек – ТС – человек», в рамках обеспечения реализации общих или взаимосвязанных бизнес-процессов в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в различных подразделениях одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности), а также от влияния факторов культурного базиса, национальности, религии, социальной роли, используемого языка, образования, опыта и индивидуальных врожденных способностей, таких как интеллект, физические особенности речи, слуха, зрения, обоняния, осязания и т.д. на интерпретацию смысла сообщений;

2) однозначной трактовки смысла сообщений, передаваемых в процессах информационного обмена между персоналом и ТС, особенно – ИТС в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в различных подразделениях одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

3) семантической совместимости сообщений по смыслу, целям, предметной области и контексту в рамках информационных процессов, протекающих по направлениям «человек – ИТС», «ИТС – ИТС» и «ИТС – РТС» в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

4) семантической совместимости процессов извлечения ИТС смысла информации из совокупности данных, а также знаний из совокупности информации;

5) совместимости и переносимости баз знаний и обмена знаниями между отдельными ИТС.

### **2.1.2.3. Интероперабельность на техническом уровне**

*Технический уровень интероперабельности* – уровень интероперабельности, на котором формализуются процессы информационного взаимодействия между техническими системами, техническими средствами, аппаратными и программными комплексами с учетом особенностей реализации их интерфейсов и протоколов обмена информацией, а также форм и форматов представления информации.

*Техническая интероперабельность* – способность к обмену информацией между участвующими в обмене системами с использованием технических средств.

Техническая интероперабельность на техническом уровне зависит от:

1) совместимости и переносимости данных в рамках информационных процессов между ТС в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

2) совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания в рамках информационных процессов между ТС в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

3) совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации в рамках информационных процессов между ТС в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

4) совместимости процедур автоматизации сетевого взаимодействия и принятия решений в рамках информационных процессов между ТС в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

5) совместимости процедур обеспечения информационной безопасности в рамках информационных процессов между ТС в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности);

6) совместимости и эргономики человеко-машинных интерфейсов в рамках информационных процессов между человеком и ТС в различных ОТС (для внешней интероперабельности) или в одной и той же ОТС (для внутренней интероперабельности).

### **2.1.3. Межуровневая связь интероперабельности через совместные процессы, категории и объекты**

Как показано на рис. 2.2 различные процессы, категории и объекты по-разному распределены по уровням интероперабельности – организационному,

семантическому и техническому. Некоторые объекты и процессы одновременно включены в несколько уровней. Такая межуровневая «включенность» соответствует, так называемым, «межуровневым медиаторам интероперабельности» (от лат. mediator – посредник) т. е. совместным процессам, категориям и объектам ОТС, которые связывают воедино различные уровни интероперабельности, при этом различные аспекты этих объектов рассматриваются отдельно на различных уровнях.

Так информационные процессы включены во все три уровня интероперабельности. Это обусловлено их универсальностью, а также тем, что различные аспекты информационных процессов по-разному рассматриваются на различных уровнях интероперабельности. На организационном уровне информационные процессы рассматриваются как часть бизнес-процессов, а также как часть процессов информационного взаимодействия между персоналом. На семантическом уровне рассматриваются вопросы правильной интерпретации смысла информации во взаимодействиях «человек – человек», «человек – ТС» и «ТС – ТС», вопросы извлечения из информации ее смысла и знаний ИТС, а также обмен информацией между РТС и ИТС, а также между ними и человеком. На техническом уровне уже рассматриваются вопросы конкретной реализации информационных процессов в виде конечных функций аппаратно-электронных или программных средств в составе информационно-управляющих систем (ИУС).

Персонал организации на организационном уровне рассматривается в аспектах вовлеченности в документооборот и в информационное взаимодействие по управленческой иерархии в своей и в других организациях. На семантическом уровне люди, как «элементы персонала», рассматриваются в аспектах влияния различных факторов (способностей, знания языков и профессиональной терминологии, уровня образования, отношения к определенной культуре, национальности, религии и т.д.) на интерпретацию смысла информации. Здесь же учитываются особенности информационного взаимодействия «человек – человек», «человек – ТС» и «человек – ТС – человек» в аспектах правильной интерпретации смысла передаваемой/получаемой информации, в том числе – проходящей многократную ретрансляцию и обработку ТС.

ИТС на семантическом уровне рассматриваются в аспектах взаимодействия «человек – ИТС», извлечения из информации ее смысла и знаний автоматизированными интеллектуальными способами, а также обмен информацией между ИТС и РТС. На техническом уровне рассматриваются вопросы конкретной реализации ИТС в виде интеллектуальных функций аппаратно-электронных или программных средств в составе систем поддержки принятия решений (СППР) или ИУС.

Данные на семантическом уровне рассматриваются в аспектах извлечения из них информации, интерпретации ее смысла и формирования знаний со стороны ИТС. На техническом уровне рассматриваются вопросы формирования, сбора и передачи, хранения и архивации, обработки, использования и представления данных, как информации в формализованном знаково-символьной форме

в виде конечных функций аппаратно-электронных или программных средств в составе ИУС.

#### **2.1.4. Требования, предъявляемые к информации, к подсистемам связи и управления ОТС**

Понятие «интероперабельность» чрезвычайно плотно связано с понятием «информация». Выше довольно подробно были рассмотрены различные аспекты процессов циркуляции информации между различными объектами ОТС. Вместе с тем свойства самой информации остались раскрытыми в недостаточной степени.

К информации, как к объекту информационного взаимодействия в ОТС, предъявляются следующие требования [105, 149, 155, 156]:

- *полезность информации* – свойство информации быть использованной в интересах решения задач пользователя;
- *ценность информации* – способность информации уменьшать неопределённость знания о целевом объекте или явлении;
- *объективность информации* – независимость информации от чьего-либо мнения или сознания, а также от методов ее получения;
- *подлинность информации* – достоверность утверждения о происхождении или авторстве информации;
- *актуальность информации* – степень соответствия информации текущему моменту времени;
- *достоверность информации* – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления;
- *точность информации* – степень неопределенности информации находится в допустимых пределах, а значения количественных или качественных параметров в пределах допустимой погрешности;
- *адекватность информации* – уровень соответствия, создаваемого с помощью полученной информации образа, реальному объекту, процессу или явлению;
- *аутентичность информации* – свойство, гарантирующее, что заявленные характеристики информации являются подлинными;
- *полнота информации* – состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения.

Кроме вышеуказанных требований, при ведении информационного взаимодействия должна обеспечиваться информационная безопасность информации.

*Безопасность информации* – состояние защищенности информации, при котором обеспечены ее конфиденциальность, доступность и целостность, а также другие свойства информационной безопасности.

*Информационная безопасность* – это состояние, при котором обеспечивается конфиденциальность, целостность и доступность информации [105]:

- *конфиденциальность информации* – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на это право;

- *доступность информации* – состояние информации (ресурсов информационной системы), при котором субъекты, имеющие права доступа к информации, могут реализовывать их беспрепятственно;
- *целостность информации* – состояние информации, при котором обеспечивается ее достоверность и полнота.

Важными категориями при обработке и обеспечении информационной безопасности информации являются контроль информации, учётность и неотказуемость действий пользователей:

- *контроль информации* – свойство информации, состоящее в фактической реализации возможности пользователя распоряжаться и пользоваться информацией, а также проводить над ней санкционированные политикой безопасности операции;
- *учётность действий пользователя* – свойство информации, обеспечивающее однозначное отслеживание действий любого пользователя (субъекта) при доступе к информации и ее обработке;
- *неотказуемость действий пользователя* – способность информации удостоверять имевшее место событие или действие и их пользователей или субъектов так, чтобы это событие, действие, пользователи или субъекты, имеющие к нему отношение, не могли быть поставлены под сомнение.

Информационное взаимодействие в ОТС осуществляется посредством подсистемы связи. В нее входят ТС, обеспечивающие информационное взаимодействие элементов и подсистем ОТС.

К подсистеме связи в ОТС предъявляются требования по обеспечению [105]:

- *пропускной способности (скорости передачи) взаимодействия* – способности подсистемы связи передавать определенный объем информационных сообщений в единицу времени;
- *своевременности взаимодействия* – способности подсистемы связи обеспечивать передачу информационных сообщений в заданные сроки;
- *достоверности взаимодействия* – способности подсистемы связи обеспечивать требуемую точность передачи информационных сообщений, а также сохранять эту точность при преобразовании информации из одного типа в другой (например, из визуальной информации в речевую);
- *безопасности взаимодействия* – способности подсистемы связи обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность содержания информационных сообщений и самого факта их передачи.

Как было показано выше информационное взаимодействие осуществляется в интересах достижения целей организации или реализации бизнес-процессов. Таким образом, информационное взаимодействие встроено в управляющий контур ОТС и реализует управление системой в интересах достижения ее целей.

К подсистеме управления ОТС предъявляются требования по [105]:

- *адекватности управления* – соответствие управляющих воздействий, формируемых органами управления, реальному состоянию управляемого объекта, среды и цели управления;
- *оперативности управления* – способности органов управления получать, обрабатывать и преобразовывать информацию, а также формировать управляющие воздействия и доводить их до управляемых объектов в соответствии с темпом изменения текущей ситуации;
- *непрерывности управления* – возможности органов управления постоянно взаимодействовать с объектами управления;
- *устойчивости управления* – способности органов управления выполнять свои функции в сложной, резко меняющейся обстановке в условиях помех и воздействиях дестабилизирующих факторов;
- *скрытности управления* – способности системы управления сохранять в тайне информацию о процессах управления, конечной цели и решаемых задачах, имеющихся силах и средствах, а также их возможностях; факт, время и место передачи управляющей информации, ее содержание и принадлежность к конкретным объектам системы управления.

Вышеуказанная система требований «требования к информации – требования к подсистеме связи ОТС – требования к подсистеме управления ОТС» определяет базис количественных и качественных показателей для процессов информационного взаимодействия, который обеспечивает функционирование ОТС как информационно-управляющей системы.

## **2.2. Нормативно-правовая база, регламентирующая вопросы обеспечения интероперабельности**

Первоосновой обеспечения интероперабельности является нормативно-правовая база, регламентирующая как вопросы непосредственно организационной интероперабельности, так и вопросы обеспечения интероперабельности на других уровнях модели интероперабельности ОТС – на семантическом и на техническом.

Важность нормативно-правовой базы для обеспечения интероперабельности такова, что в отдельных работах, например, таких как [86-88], авторы выделяют отдельный уровень интероперабельности – нормативно-правовой (laws and standards level), юридический (legal level) или правовой уровень интероперабельности.

*Нормативно-правовая база* – совокупность законов, кодексов, распоряжений, указов, постановлений, стандартов, рекомендаций, регламентов, правил, инструкций и других нормативно-правовых актов, регламентирующих правовые отношения в какой-либо определенной сфере, принятых и изданных уполномоченным на это международным, государственным, общественным или иным органом.

*Нормативный правовой акт* (НПА) – официальный документ установленной формы, принятый в пределах своей компетенции уполномоченным на

это международным, государственным или общественным органом (должностным лицом), с соблюдением установленной законодательством процедуры, содержащий установление, изменение и отмену правовых норм или общеобязательных правил, рассчитанных на неопределённый круг лиц и неоднократное применение.

*Документ* – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими её идентифицировать.

Рассмотрим основные типы документов, регламентирующих обеспечение интероперабельности в целом, а также особенности документов, регламентирующих частные вопросы обеспечения интероперабельности на ее отдельных уровнях – организационном, семантическом и техническом.



Рис. 2.3. Профиль интероперабельности

При этом отметим, что разработка документов в области обеспечения интероперабельности должна вестись не разрозненно, а взаимосвязано в интересах формирования единого *профиля интероперабельности* – гармонизированной совокупности стандартов, рекомендаций, регламентов и других документов, организованных в соответствии с уровнями интероперабельности, ориентированных на описание информационного взаимодействия конкретных систем определенного класса.

Состав нормативно-правовых актов и документов, входящих в профиль интероперабельности, представлен на рис. 2.3.

## 2.2.1. Документы, регламентирующие обеспечение интероперабельности

### 2.2.1.1. Типы документов

Документы в области интероперабельности могут быть:

- международными – регламентирующими какие-либо отдельные вопросы информационного взаимодействия в интернациональном мас-

штабе, например, рекомендации и стандарты международных комитетов ISO (International Standards Organization), IEEE (Institute for Electrical and Electronic Engineers), NCOIC (Network Centric Operations Industry Consortium) и др.;

- государственными – регламентирующими какие-либо отдельные вопросы информационного взаимодействия в отдельной стране, например, законы, государственные стандарты и регламенты. При этом государственные документы, в свою очередь, делятся на федеральные и региональные;
- локальными – регламентирующими какие-либо отдельные вопросы информационного взаимодействия в отдельном ведомстве, отрасли или организации, например, правила ведения переписки с внешними организациями, правила ведения документооборота, регламенты ввода/вывода информации в технических системах и др.

К основным типам документов, регламентирующих интероперабельность относятся следующие.

*Закон* – нормативно-правовой акт, принятый законодательным органом власти в особом порядке, регулирующий наиболее важные общественные отношения и обладающей высшей юридической силой. Примерами законов, регламентирующих в каком-либо аспекте интероперабельность, являются законы «О стандартизации в Российской Федерации», «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», «О связи» и др.

*Стандарт* – нормативно-правовой акт или нормативно-технический документ, устанавливающий нормы, правила, требования к объекту стандартизации. При этом под объектом стандартизации может пониматься: продукция (работы, услуги), процессы, системы менеджмента, терминология, условные обозначения, исследования (испытания) и измерения (включая отбор образцов) и методы испытаний, маркировка, процедуры оценки соответствия и иные объекты.

*Рекомендация* – нормативно-правовой акт или документ, содержащий информацию организационного или методического характера, касающуюся проведения работ по стандартизации или способствующую применению соответствующего стандарта, либо положения, которые предварительно проверяются на практике до их установления в виде стандарта.

*Регламент* – документ, определяющий порядок какой-либо деятельности, в котором описываются все шаги и действия, которые необходимо выполнить для выполнения определённого бизнес-процесса.

*Технический регламент* – документ, устанавливающий обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования. При этом под объектом технического регулирования может пониматься: продукция (технические средства и системы, сооружения, работы, услуги), процессы (производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации), исследования (испытания), измерения (включая отбор образцов) и методы испытаний, процедуры оценки соответствия и иные объекты.



*Профиль* – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций и регламентов, обеспечивающих стандартизацию определенных функций в какой-либо области деятельности.

*Спецификация* – нормативно-правовой акт или документ, обеспечивающий точное описание системы для целей её разработки, а также условия приёма и процедуры проверки требований.

*Информационно-технический справочник* – документ, содержащий систематизированные данные в определенной области и включающий в себя описание технологий, процессов, методов, способов, оборудования и иные данные.

*Классификатор* – документ, распределяющий информацию в соответствии с её классификацией (классами, группами, видами и др.) и являющийся обязательным для применения в информационных системах при обмене информацией.

*Технические условия* – документ, устанавливающий требования к конкретным типам, маркам, изделиям продукции.

*Свод правил* – документ, содержащий правила и общие принципы в отношении информационных процессов в целях обеспечения соблюдения требований технических регламентов.

*Инструкция* – нормативно-правовой акт или нормативно-технический документ, регулирующий организационные, научно-технические, технологические, финансовые и иные специальные стороны деятельности, как правило, содержащий детальное, пооперационное описание последовательности и содержания действий при выполнении какого-либо процесса (производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации), исследования (испытания), измерения (включая отбор образцов), процедур оценки соответствия или выпуска продукции (технических средств и систем, сооружений, работ, услуг).

### **2.2.1.2. Организационный уровень**

Организационный уровень интероперабельности соответствует общим нормативно-правовым актам, регламентирующим общие задачи обеспечения информационной совместимости организационных подсистем взаимодействующих ОТС при решении ими совместных задач. На данном уровне формулируются цели и задачи всех органов управления организацией, порядок взаимодействия подразделений, а также требования к организации управления и документооборота. Разрабатываются руководящие документы, концепции и доктрины, которые определяют стратегии и действия организаций при решении совместных задач.

Основными документами, регламентирующими организационный уровень интероперабельности организационных подсистем взаимодействующих ОТС (на этом уровне под ОТС понимается прежде всего какая-либо организация), являются следующие:

- миссия, цели, задачи, стратегия и планы развития организации, принципы организации бизнес-процессов;

- организационная структура организации, система управления, порядок подчиненности подразделений и лиц, должностные обязанности отдельных лиц;
- регламент обмена информацией и осуществления документооборота с внутренними и внешними абонентами, стандарты входящих и исходящих документов и сообщений, регламент их приема, учета и отправки;
- регламент работы с документами, сообщениями, корреспонденцией;
- инструкции должностным лицам по вопросам организации информационных процессов формирования, передачи, хранения, обработки, поиска, представления и уничтожения информации в форме документов и сообщений;
- профили технических систем автоматизации организационного управления и документооборота, например, «1С Предприятие», а также документация, регламентирующая информационные процессы в них.

### **2.2.1.3. Семантический уровень**

Семантический уровень интероперабельности соответствует внедрению единых стандартов правильной интерпретации смысла циркулирующей в ОТС информации, причем правильная интерпретация должна осуществляться как со стороны организационной подсистемы – персонала ОТС, так и со стороны технической подсистемы ОТС. Значимость этого уровня приобретает особое значение в связи с наметившейся тенденцией к внедрению технологий ИИ в контур технической подсистемы ОТС. Человек-оператор интуитивно интерпретирует смысл всей поступающей информации, а для технических систем на основе ИИ все это является сложной и нетривиальной задачей. Именно на семантическом уровне технические средства ИИ в составе ОТС должны обеспечить компиляцию смысла большого количества информации, поступающей от различных источников, верно интерпретировать и оценить обстановку, принимать адекватные решения в ответ на те или иные действия.

Основными документами, регламентирующими семантический уровень интероперабельности ОТС являются следующие [25, 26, 29, 30, 32]:

- регламенты, инструкции и правила единого представления формальных информационных сообщений, циркулирующих в информационной среде отдельной ОТС или между ОТС, в том числе для сообщений разной формы представления (знаково-символьной, речевой, вербальной, аудио-визуальной и т.д.);
- регламенты, инструкции и правила семантической, синтаксической и лингвистической совместимости используемых языков (здесь имеется ввиду не только естественные языки, но и формальные языки представления данных и языки программирования), ясно и однозначно трактуемых терминов в используемой предметной области, эргономичных способов представления при формировании информационных сообщений;
- регламенты, инструкции и правила минимизации влияния факторов культурного базиса, национальности, религии, социальной роли, ис-

пользуемого языка, образования, опыта и индивидуальных врожденных способностей, таких как интеллект, физические особенности речи, слуха, зрения, обоняния, осязания и т.д. на семантическое содержание информационных сообщений;

- классификаторы и информационно-тематические справочники, позволяющие провести классификацию формальных информационных сообщений, а также сформировать мета-данные к ним: по цели взаимодействия, предметной области взаимодействия, временному, непространственному, ситуативному и предметному контекстам взаимодействия;
- регламенты, инструкции и правила взаимодействия между людьми, составляющими персонал отдельной ОТС и/или персонал различных ОТС;
- стандарты, спецификации, регламенты, инструкции и правила взаимодействия между людьми-операторами и РТС, не содержащих интеллектуальных функций и действующих по принципу «входная информация – реакция»;
- стандарты, регламенты, спецификации, инструкции и правила взаимодействия между людьми-операторами и ИТС, обладающих собственными моделями знаний и способных выполнять функции, выполнение которых традиционно считается прерогативой человека, а именно: осознание новых ситуаций; обучение и запоминание на основе предыдущего опыта; понимание и применение абстрактных концепций; познание и формирование знаний; использование знаний для решения проблем и управления окружающей средой;
- стандарты, регламенты, спецификации, инструкции и правила взаимодействия между ИТС и РТС;
- стандарты, регламенты, спецификации, инструкции и правила построения ИТС, а также обработки ими информации с целью интерпретации ее смысла и принятия ИТС управляющих решений;
- стандарты, регламенты, спецификации, инструкции и правила организации ЧМИ, обеспечивающих информационный обмен между организационной и технической подсистемами ОТС без потери смысла передаваемой информации.

#### **2.2.1.4. Технический уровень**

Технический уровень интероперабельности соответствует обеспечению единых стандартов формирования, передачи, хранения, поиска, обработки и представления информации. На этом же уровне должны решаться задачи обеспечения совместимости форматов данных, во всех вышеуказанных процессах, а для сетевой инфраструктуры – единство телекоммуникационных протоколов и требований к качеству обслуживания. В целом технический уровень решает практически все задачи информационной совместимости разнообразных технических, радиоэлектронных, аппаратных и программных средств и, как правило,

в наибольшей степени отвечает пониманию проблемы обеспечения интероперабельности проектировщика технических ИУС.

Основными документами, регламентирующими технический уровень интероперабельности ОТС являются следующие [20, 21, 23, 27, 31-33]:

- стандарты, рекомендации, регламенты и спецификации обеспечения совместимости и переносимости данных;
- стандарты, рекомендации, регламенты и спецификации обеспечения совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания;
- стандарты, рекомендации, регламенты и спецификации обеспечения совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации;
- стандарты, рекомендации, регламенты и спецификации обеспечения автоматизации сетевого взаимодействия и принятия решений;
- стандарты, рекомендации, регламенты и спецификации обеспечения информационной безопасности;
- стандарты, рекомендации, регламенты и спецификации обеспечения эргономики человеко-машинных интерфейсов;
- стандарты, рекомендации, регламенты и спецификации обеспечения технологической готовности объектов к взаимодействию между собой.

### **2.2.2. Ширина регламентации вопросов интероперабельности**

Ширина регламентации вопросов интероперабельности характеризует степень полноты «охвата» документами процедур информационного взаимодействия, влияющих на интероперабельность.

Существует несколько различных подходов оценивания ширины регламентации вопросов интероперабельности, которые могут зависеть от типа организации, решаемых задач, структуры подчиненности и принципов управления и т.д.

Далее приведены некоторые из подходов к оцениванию ширины регламентации вопросов интероперабельности, взятые и адаптированные из работы [63]. Данные подходы преимущественно иллюстрируются на примере организации военного типа. Вместе с тем, читатель без потери общности может перенести рассматриваемые подходы на организации любого другого типа.

Оценка ширины в SCOPE-модели [63] основана на понятии «операционной концепции» (operating concept), которая регламентирует совместные действия различных организационных систем (рассматриваются военные системы) действующих совместно в рамках решения единых задач. Для военных организационных систем – объединенных вооруженных сил (ВС) в SCOPE-модели предложено руководствоваться семейством операционных концепций JOpsC (Joint Operations Concepts) МО США, которое состоит из следующих документов [89]:

- основополагающая концепция совместных операций CCJO (Capstone Concept for Joint Operations) – наиболее абстрактная концепция, кото-

рая определяет развитие будущих возможностей ВС США. В ней в общих чертах описывается цели и задачи ВС, а также то, как ожидается, ВС США будут действовать через 8-20 лет во всех сферах по всему спектру военных операций в сотрудничестве с партнерами и союзниками;

- концепции совместных операций JOCs (Joint Operating Concepts) – конкретизируют цели, задачи и действия ВС США по отношению к конкретному типу операции и району ее проведения, а также описывает то, как ожидается, командующий будет проводить совместные операции объединенными силами в рамках военной кампании через 8-20 лет;
- концепции совместного функционирования JFCs (Joint Functional Concepts) – конкретизирует элементы концепции ССЮ в отношении порядка функционирования элементов ВС США в рамках совместных операций, описывает то, как ВС через 8-20 лет будут реализовывать способы военных действий в рамках всего спектра военных операций, определяет возможности оперативного уровня, необходимые для поддержки этих военных операций и для создания эффектов, определенных в JOCs.
- концепции совместной интеграции JICs (Joint Integrating Concepts) – описывают на оперативном уровне то, как командующий объединенными силами через 8-20 лет в будущем будет выполнять конкретную военную операцию или конкретный способ военных действий, заданные в JOCs или JFCs. Эти концепции имеют узкую область применения и предназначены для выявления, описания и формализации применения конкретных военных возможностей, декомпозируя их на отдельные цели, задачи, условия и типовые способы действий.

В рамках семейства операционных концепций JOpsC МО США прослеживается четкая иерархия «стратегические цели и задачи объединенных сил, их возможности – реализация в конкретных военных операциях – способы совместных действий в конкретных военных операциях – частные цели, задачи, условия и типовые способы действий». В рамках этих задач каждый уровень иерархии требует описания того, как, в рамках совместных действий объединенных ВС, обеспечивается интероперабельность сил и средств.

Рассматривая ширину регламентации интероперабельности в иерархии семейства операционных концепций JOpsC МО США можно отметить, что оценивать ширину можно различными категориями:

- числом целей и задач, для которых регламентируются вопросы интероперабельности, относительно числа всех целей и задач совместных действий объединенных сил;
- числом функций (типовых способов действий), для которых регламентируются вопросы интероперабельности, относительно числа всех функций (типовых способов действий) объединенных сил;

- числом взаимодействующих элементов и подсистем, для которых регламентируются вопросы интероперабельности, относительно числа всех элементов и подсистем объединенных сил;
- структурой и плотностью информационных связей, а также интенсивностью информационного обмена взаимодействующих элементов и подсистем объединенных сил.

Рассмотрим эти подходы к оценке ширины регламентации интероперабельности более подробно, без привязки к специфике типа рассматриваемой организации.

### 2.2.2.1. Степень охвата целей и задач

Этот подход к оценке ширины регламентации вопросов интероперабельности определяет показатель ширины  $W_{цз}$  как отношение числа тех целей и задач ОТС, при решении которых учитываются и регламентируются вопросы интероперабельности  $N_{цз\text{ инт}}$ , к числу всех целей и задач ОТС  $N_{цз}$ :

$$W_{цз} = \frac{N_{цз\text{ инт}}}{N_{цз}}.$$

Если для всех целей и задач ОТС учитываются и регламентируются вопросы интероперабельности, то показатель ширины равен 1. Если ни для одной цели и задачи ОТС вопросы интероперабельности не учитываются и не регламентируются, то показатель ширины равен 0.

Относительно  $M$ -го количества ОТС этот подход подразумевает оценку числа совместных целей и решаемых задач среди всех ОТС  $N_{цз\text{ инт}}$ , для которых учитываются и регламентируются вопросы обеспечения межсистемной интероперабельности, относительно числа всех целей и задач всех ОТС:

$$W_{цз} = \frac{N_{цз\text{ инт}}}{\sum_{n=1}^M N_{цз i}}.$$

Показатель числа совместных целей и решаемых задач  $N_{цз\text{ инт}}$  может быть получен следующим путем:

- 1) формирование множества совместных целей и задач, образованного пересечением множеств целей и задач всех ОТС;
- 2) исключением из множества совместных целей и задач, тех целей и задач, для которых вопросы обеспечения межсистемной интероперабельности не учитываются и регламентируются;
- 3) оценкой числа элементов полученного множества совместных целей и задач, для которых учитываются и регламентируются вопросы обеспечения межсистемной интероперабельности.

Кроме того, для повышения адекватности данного показателя можно использовать нормировку целей и задач по их важности для определенной ОТС в конкретной совместной операции.

### 2.2.2.2. Степень охвата числа функций

Этот подход к оценке ширины регламентации вопросов интероперабельности определяет показатель ширины  $W_{ф}$  как отношение числа тех функций

ОТС, при решении которых учитываются и регламентируются вопросы интероперабельности  $N_{\phi \text{ инт}}$ , к числу всех функций ОТС  $N_{\phi}$ :

$$W_{\phi} = \frac{N_{\phi \text{ инт}}}{N_{\phi}}.$$

Если для всех функций ОТС учитываются и регламентируются вопросы интероперабельности, то показатель ширины равен 1. Если ни для одной функции ОТС вопросы интероперабельности не учитываются и не регламентируются, то показатель ширины равен 0.

Относительно  $M$ -го количества ОТС этот подход подразумевает оценку числа совместных функций среди всех ОТС  $N_{\text{цз инт}}$ , для которых учитываются и регламентируются вопросы обеспечения межсистемной интероперабельности, относительно числа всех функций всех ОТС:

$$W_{\phi} = \frac{N_{\phi \text{ инт}}}{\sum_{n=1}^M N_{\phi i}}.$$

Порядок формирования числа совместных функций, а также подходы к их нормировке по степени важности может быть такой же, или схожий, как и для соответствующих показателей для совместных целей и решаемых задач.

### 2.2.2.3. Степень охвата взаимодействующих элементов

Этот подход к оценке ширины регламентации вопросов интероперабельности определяет показатель ширины  $W_{\text{эл}}$  как отношение числа тех элементов ОТС, при функционировании которых учитываются и регламентируются вопросы интероперабельности  $N_{\text{эл инт}}$ , к числу всех элементов ОТС  $N_{\text{эл}}$ :

$$W_{\text{эл}} = \frac{N_{\text{эл инт}}}{N_{\text{эл}}}.$$

Если для всех элементов ОТС учитываются и регламентируются вопросы интероперабельности, то показатель ширины равен 1. Если ни для одного элемента ОТС вопросы интероперабельности не учитываются и не регламентируются, то показатель ширины равен 0.

Относительно  $M$ -го количества ОТС этот подход подразумевает оценку числа взаимодействующих элементов среди всех ОТС  $N_{\text{эл инт}}$ , для которых учитываются и регламентируются вопросы обеспечения межсистемной интероперабельности, относительно числа всех элементов всех ОТС:

$$W_{\text{эл}} = \frac{N_{\text{эл инт}}}{\sum_{n=1}^M N_{\text{эл} i}}.$$

Порядок формирования числа взаимодействующих элементов, а также подходы к их нормировке по степени важности может быть такой же, как и для совместных целей и решаемых задач.

#### **2.2.2.4. Степень охвата структуры и плотности информационных связей, учет интенсивности информационного обмена взаимодействующих элементов**

Более адекватную оценку ширины регламентации вопросов интероперабельности можно получить, формализуя ОТС как совокупность элементов и взаимодействий между ними в формализме теории графов – в виде вершин и ребер. При таком представлении для анализа ширины регламентации вопросов интероперабельности могут быть использованы показатели теории графов и сложных графов [90] такие как:

- функция распределения степеней вершин;
- показатель уязвимости сети;
- показатели посредничества вершин;
- коэффициенты кластеризации вершин;
- веса ребер пропорциональности важности и интенсивности информационного обмена между элементами и др.

Эти показатели графов могут быть нормированы по степени регламентации интероперабельности для соответствующих элементов ОТС (формализованных вершинами) и взаимодействий между ними (формализованных ребрами) и стать наиболее адекватной оценкой ширины регламентации вопросов интероперабельности в ОТС.

С применением формализма теории графов также можно оценить ширину охвата и влияние на итоговую интероперабельность повышения числа уровней иерархии в структуре системы управления ОТС, полезность внедрения «горизонтальных связей» между элементами на одном уровне иерархии, наращивание плотности информационных связей между элементами, переход от иерархической к сетцентрической и к сетевой структуре обмена информацией, а также другие аспекты количественной оценки интероперабельности.

#### **2.2.2.5. Дополнительные аспекты, которые нужно учитывать при оценке ширины регламентации вопросов интероперабельности**

Регламентация вопросов интероперабельности влияет на общую эффективность ОТС не только напрямую – устраняя барьеры к бесшовному информационному взаимодействию основных элементов системы, но она может влиять косвенно, устраняя барьеры в обеспечивающих и смежных процессах. К таким процессам можно отнести: воспитание и обучение персонала; мероприятия по повышению качества профессиональной коммуникации в командах; внедрение ТС с более высокими возможностями по обработке информации и т.д.

В SCOPE-модели [63] указывается что в системе МО США задачи обеспечения повышенной интероперабельности в вышеуказанных обеспечивающих и смежных процессах регламентируются руководящим документом DOTMLPF (Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and education, Personnel, and Facilities) [91]. Это документ охватывает вопросы: планирования военных операций, строительство структуры ВС, их боевой подготовки, обучения, материального обеспечения, формирования командных навыков командиров и начальников, подбор квалифицированных кадров, обеспечение ВС необходи-



мым оборудованием и средствами. Документ DOTMLPF, используется как часть Руководства по объединенной совместной интеграции и развитию систем военного назначения – JCIDS (Joint Capability Integration and Development System) [92]. Документ DOTMLPF может быть использован для анализа тех дополнительных аспектов в смежных областях, повышение интероперабельности в которых положительно отразится на интероперабельности всей целевой ОТС и приведет к повышению эффективности ее функционирования.

Помимо повышения интероперабельности обеспечивающих и смежных процессов, а также интероперабельности взаимодействия с другими ОТС, важно повышать интероперабельность взаимодействия ОТС с внешней средой – ее политической, информационной, экономической, социальной сферами, а также с соответствующими инфраструктурами.

В SCOPE-модели [63] указывается, что в системе МО США задачи обеспечения повышенной интероперабельности с вышеуказанными сферами и соответствующей инфраструктурой регламентируются в руководящем документе PMESII (Political, Military, Economic, Social, Infrastructure, and Information) [93]. Это документ охватывает вопросы взаимодействия ВС с органами власти, коммерческими предприятиями, общественными объединениями, средствами массовой информации в месте проведения военной операции. Повышение степени интероперабельности взаимодействия с этими акторами, установление с ними положительной информационной связи, повышает общую эффективность выполнения ВС своих целевых задач, делая среду более понятной, а условия проведения военных операций – более ясными.

### **2.2.3. Глубина регламентации вопросов интероперабельности**

Глубина регламентации вопросов интероперабельности характеризуется степенью детализации «проработки» процедур информационного взаимодействия, по мере движения «вниз» по уровням управленческой иерархии ОТС.

Главным аспектом глубины проработки вопросов интероперабельности является ее зависимость от степени вовлеченности элементов в информационные процессы системы. Любая ОТС характеризуется плотностью информационных связей, важностью и объемом передаваемой информации, важностью и ролью отдельных элементов ОТС в информационно-управляющих контурах системы. Принципиальным является ранжирование элементов ОТС по степени важности и вовлеченности в процессы информационного взаимодействия и принятия управленческих решений. При этом для наиболее важных элементов, с точки зрения информационного взаимодействия и управления в ОТС, вопросы обеспечения интероперабельности должны быть регламентированы в первую очередь с весьма высокой степенью детализации и глубины проработки. По мере снижения важности элементов системы, глубина регламентации вопросов интероперабельности может снижаться. Ключевыми проблемными вопросами этого аспекта являются то, насколько далеко нужно уйти «вниз» по иерархии важности элементов системы и какова должна быть глубина проработки вопросов интероперабельности для каждого уровня иерархии? Где воз-

можно остановиться и для каких элементов системы можно вовсе не предъявлять требования по обеспечению интероперабельности?

Другим аспектом глубины проработки вопросов интероперабельности является практическая невозможность детальной регламентации обеспечения всей полноты аспектов интероперабельности. По мере включения элемента в различные информационно-управляющие контуры системы, к нему будет предъявляться все больше требований по все большему количеству аспектов интероперабельности. Причем эти требования могут носить противоречивый характер. Например, требования по обеспечению высокой скорости обмена информацией могут вступать в противоречие с требованиями аутентификации и тщательной проверки подлинности взаимодействующих абонентов или с требованиями по криптостойкому шифрованию передаваемой информации (что является длительной и ресурсоемкой процедурой). В результате есть риск того, что совокупность требований по интероперабельности, предъявленных к элементу системы, будет такова, что элемент будет проще исключить из информационно-управляющих контуров, чем выполнить все эти требования. Ключевым проблемным вопросом этого аспекта является необходимость ранжирования различных требований по интероперабельности, определения среди них первоочередных и вторичных (они могут быть различны у элементов различного назначения), формирования различной глубины регламентации вопросов интероперабельности для первоочередных и вторичных требований. При этом необходимо как-то определить степень свободы конструктора системы в определении важности и глубины проработки тех или иных вопросов интероперабельности для элементов функциональных подсистем ОТС в зависимости от их назначения и вовлеченности в информационное взаимодействие.

Еще одним аспектом глубины проработки вопросов интероперабельности является необходимость выработки корректных правил информационного взаимодействия между элементами, для которых сформированы требования по интероперабельности с различной степенью глубины. Можно ли позволить элементу с более высокими требованиями по степени детализации вопросов интероперабельности опуститься «вниз» до уровня элемента с более низкими требованиями, «проигнорировав» какие-то из требований? Или нужно «подтягивать вверх» элемент с более низкими требованиями по степени детализации интероперабельности к уровню более «интероперабельного элемента»?

Вышеуказанные проблемные вопросы необходимо учитывать и решать при формировании требований по интероперабельности, предъявляемых к элементам и формирования профиля интероперабельности для ОТС в целом.

### **2.3. Параметры организации, влияющие на интероперабельность**

Рассматривая организационную интероперабельность ОТС, нужно отметить, что ее основные аспекты зависят и относятся, прежде всего, к организационной подсистеме ОТС. Более того, на взгляд автора, без потерь сути рассмотрения, можно даже ввести допущение о том, что при рассмотрении организаци-

онной интероперабельности особенностями реализации ТС и вопросами семантики информационного взаимодействия можно пренебречь. Эти вопросы с требуемой степенью глубины формализуются и рассматриваются на техническом и семантическом уровнях эталонной модели интероперабельности. Таким образом, говоря об организационной интероперабельности можно редуцировать ОТС до ее организационной подсистемы, а последнюю рассматривать как отдельную организационную систему.

*Организационная система* – это определённая совокупность внутренне взаимосвязанных частей организации, деятельность которых направлена на достижение общих целей, которая характеризуется определенной иерархией подчиненности, структурой и принципами управления, структурой материальных и информационных связей, специализацией и разделением труда составных частей, наличие самобытной внутренней культуры.

Далее рассматривая ОТС, в большинстве случаев, мы будем рассматривать ее именно как организационную систему, не принимая во внимание особенности реализации ТС и вопросы семантики информационного взаимодействия.

Основными параметрами организационной системы, влияющими на интероперабельность являются:

- тип и назначение организационной системы;
- среда и контекст функционирования системы;
- размер организационной системы;
- структура и принципы управления;
- структура информационных связей и принципы информационного взаимодействия;
- наличие барьеров организационной интероперабельности;
- изменчивость;
- гетерогенность.

Данные параметры по-разному влияют на внешнюю и внутреннюю интероперабельность.

*Внешняя интероперабельность* – интероперабельность между рассматриваемой системой и другими системами или с внешней средой.

*Внутренняя интероперабельность* – интероперабельность между составными частями, внутренними подсистемами, объектами, компонентами и элементами рассматриваемой системы.

Так тип, назначение, контекст среды и размер взаимодействующих организационных систем в большей степени влияет на внешнюю интероперабельность, а структура и принципы управления и информационного взаимодействия – на внутреннюю. Наличие барьеров одинаково негативно отражается и на внешней, и на внутренней интероперабельности. Изменчивость может быть, как положительным проявлением системы, в смысле ее быстрой адаптации к неблагоприятным факторам, так и отрицательным – например многократное перестроение принципов и иерархии управления затрудняет информационное взаимодействие компонентов системы. То же самое относится и к гетерогенно-

сти составных частей, структуры системы управления и структуры информационных связей.

Рассмотрим вышеуказанные параметры и их влияние на интероперабельность более подробно.

### **2.3.1. Тип и назначение организационной системы**

Тип и назначение организационной системы характеризуют ее по следующим аспектам:

- организационно-правовую форму, форму собственности, отношение к государству и т.д.;
- направленность на достижение определенного типа целей.

Как правило, организационным системам одного типа и назначения проще организовать информационное взаимодействие в связи с наличием общих или совместных целей и задач, стратегий и планов развития, принципов организации и направленностью бизнес-процессов.

По типу и назначению организационные системы могут быть классифицированы следующим образом:

- государственные (в том числе и силовые ведомства) и негосударственные;
- коммерческие (ориентированные на получение прибыли) и некоммерческие (ориентированные на удовлетворение общественно- или социально-значимых потребностей);
- общественные (ориентированные на удовлетворение потребностей своих членов – например, политическая партия) и хозяйственные (ориентированные на удовлетворение потребностей индивидуумов и общества путем хозяйственно-производительной деятельности);
- формальные (зарегистрированные установленным образом в государственных органах) и неформальные (незарегистрированные).

При этом организации могут быть дополнительно классифицированы по организационно-правовой форме. Например, формальные коммерческие хозяйственные организации: акционерное общество; общество с ограниченной ответственностью; публичное общество; кооператив и т.д. А формальные некоммерческие хозяйственные организации: учреждение; фонд; ассоциация; союз; общественная организация и т.д.

### **2.3.2. Среда и контекст функционирования организационной системы**

Для интероперабельности среда и контекст функционирования организационной системы имеет существенное значение.

Для выявления влияния среды и контекста функционирования на конкретную организацию и степень ее интероперабельности может быть использована методика SWOT-анализа [94], которая в отношении организации оценивает:

- strengths (сильные стороны);
- weaknesses (слабые стороны);

- opportunities (возможности);
- threats (угрозы).

Сильные (S) и слабые (W) стороны являются внутренними параметрами самой организации, а возможности (O) и угрозы (T) являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на организацию извне и при этом ею не контролируется).

Другой методикой оценки влияния среды и контекста на конкретную организацию и степень ее интероперабельности может быть PEST-анализ [95]. Данная методика предназначена для выявления и оценки влияния политических (political), экономических (economic), социальных (social) и технологических (technological) аспектов внешней среды на цели и бизнес-процессы организации.

Общими благоприятными факторами среды и контекста, положительно влияющими на интероперабельность, как внутри, так и между организационными системами, являются:

- наличие ясного и понятного законодательства, регламентов и рекомендаций, регламентирующих порядок функционирования организации, информационного обмена с органами власти, положительной правоприменительной практики при разрешении спорных вопросов;
- поддержка государством организаций определенного типа и назначения, в том числе предоставление преференций, налоговых льгот, поощрения их развития;
- наличие в окружающей среде большого количество организаций, имеющих сходные цели, взаимодействие с которым позволяет кооперироваться и выпускать более лучшие и качественные продукты, а также профильных специалистов, найм которых позволяет развиваться организации;
- создание здоровой конкуренции между организациями, поощрения государством их направленности на выработку лучших продуктов и оказания более качественных услуг на рынке, устранение «непрозрачных процедур» и «серых схем»;
- внутренне принятие и одобрение персоналом миссии, целей и культуры организации, готовность их трансляции в окружающий мир и в другие организации;
- наличие практики «открытой культуры» в организациях, поощрения открытого обсуждения проблем и высказывания своего мнения, открытость к альтернативным мнениям, готовность к заимствованию других практик, положительно себя зарекомендовавших себя в других организациях;
- наличие разветвленных неформальных сообществ, объединяющих людей из состава персонала различных организаций, высокая социальная и информационная активность членов позволяет формировать дополнительный слой неформального информационного взаимодействия;

- национальная, религиозная, культурная, языковая, возрастная и гендерная толерантность при информационном взаимодействии внутри и между организациями;
- внедрение в практику организации систем электронного документооборота и удаленного информационного взаимодействия как между организациями, так и между организациями и органами власти;
- наличие и доступность разнообразных технологий и средств обмена информацией, основанных на современных достижениях научно-технического прогресса, и повсеместное внедрение их использования в текущих бизнес-процессах.

Соответственно, противоположные факторы негативно влияют на интероперабельность внутри и между организационными системами.

### 2.3.3. Размер организационной системы

Размер организационной системы характеризуется такими параметрами как:

- масштабом организации;
- степенью гетерогенности организации.

Выделение кроме масштаба еще и категории гетерогенности отражает тот факт, что на интероперабельность влияет не непосредственно масштаб организации (в смысле – величины и числа подразделений в ней), а в большей степени – разнообразие подразделений с индивидуальной функциональной спецификой или географической обособленностью, которая поощряет более интенсивное информационное взаимодействие.

Рассмотрим влияние этих параметров на интероперабельность более подробно.

#### 2.3.3.1. Масштаб организационной системы

Этот параметр дает общую оценку того, насколько велика организация, как правило, относительно количества ее составных частей (подразделений, филиалов, отдельных предприятий) и количества сотрудников. Масштаб организации может варьироваться от отдельного человека (например, индивидуальный предприниматель), до транснациональных организаций (например, таких как организация объединенных наций, экономические сообщества государств, военные межгосударственные блоки).

В таблице 2.1 приведены типовые качественные значения параметра масштаба организационной системы.

Таблица 2.1 – Типовые качественные значения параметра масштаба организационной системы

Значение	Описание
Индивидуальный человек	Организация состоит из одного человека, например, индивидуального предпринимателя или специалиста, работающего на себя

Значение	Описание
Малая организация (малое предприятие)	Включает в себя небольшое число (до 100) сотрудников, структура предприятия состоит из 3...10 отделов или производственных групп (команд). Структура системы управления, как правило, является сетевой, а большинство функций по принятию решений несет лично глава организации
Средняя организация (группа малых предприятий)	Включает в себя некоторое число (10-50) отделов, имеющих различное назначение, в которых работает 100...500 сотрудников, имеет 2...3 уровневую иерархическую структуру подчиненности должностных лиц, отдельный управленческий аппарат
Большая организация (группа малых и средних предприятий)	Включает в себя отделы, проектные команды, центры, филиалы. В организации работает свыше 500 сотрудников. Она имеет многоуровневую иерархическую структуру подчиненности должностных лиц, развитую систему внешнего и внутреннего документооборота, развитый управленческий аппарат, которому делегировано принятие решений в области их иерархии и компетенции
Холдинг, корпорация, государственное ведомство или министерство	Включает в себя несколько (3...50) других профильных организаций (больших средних и малых), объединенных общей направленностью деятельности, схожестью выпускаемой продукции, общностью оказываемых услуг или спецификой государственных интересов
Отрасль народного хозяйства в отдельной стране	Организация объединяет профильные организации в рамках отрасли народного хозяйства в отдельной большой стране
Государство, национальность	Организация представляет собой государство или нацию
Транснациональная компания, сектор мирового бизнеса	Объединяет 2...50 больших национальных организаций, корпораций или холдингов (отраслей народного хозяйства) в различных странах
Межгосударственные объединения	Представляет собой политические коалиции государств, экономические сообщества государств, военные межгосударственные блоки

Относительно влияния масштаба организации на интероперабельность отметим следующее.

Как правило большую степень внешней интероперабельности по отношению к друг другу проявляют организации одинакового или сопоставимого масштаба, имеющие схожий тип и направленность деятельности. Также высокая степень внешней интероперабельности может демонстрироваться при взаимодействии меньших организаций и отдельных подразделений больших организаций, имеющих примерно равный масштаб и общую сферу деятельности. Существенное различие в масштабе может служить барьером для внешней интероперабельности ввиду того, что организации меньшего масштаба приходится подстраиваться под регламенты и особенности бизнес-процессов более крупной организации, в то время как обратная адаптация крупной организации под более меньшую весьма маловероятна.

Высокая степень внутренней интероперабельности характерна для малых и средних предприятий, отдельных подразделений больших предприятий и

холдингов. С увеличением масштаба организации, по мере включения в ее состав все большего числа разнородных и функционально-различных составных частей, сложность обеспечения в ней внутренней интероперабельности возрастает. В этом случае требования к интероперабельности становятся все более формальными и развитыми, а ее обеспечение на высокой уровне требует внедрения ТС управления, ведения электронного документооборота и удаленного информационного взаимодействия. Причем с увеличением сложности управления требуется внедрение все более интеллектуальных ТС.

### 2.3.3.2. Степень гетерогенности организационной системы

*Гетерогенность* – функциональная или структурная разнородность; наличие в системе составных частей, различных по своему составу, целям, функциям и т.д.

На интероперабельность влияет не только масштаб организации, но и гетерогенность ее составных частей (элементов системы) – подразделений, отделов, центров, управлений, команд и проч. При этом с увеличением масштаба организации степень ее гетерогенности возрастает. С увеличением степени гетерогенности внутри организации интероперабельность в ней ухудшается. Для улучшения интероперабельности в гетерогенных организациях требуется вводить большое количество формальных регламентов и процедур, внедрять единые ТС управления, электронного документооборота и информационного взаимодействия, которые бы учитывали и нивелировали разнородность различных компонентов организации, позволяя им максимально эффективно обмениваться информацией в интересах решения общих задач.

Относительно внешней интероперабельности отметим следующее. С увеличением степени гетерогенности систем интероперабельность между ними снижается так как ее обеспечение требует учета все большего числа различных особенностей их компонентов и подсистем.

В таблице 2.2 приведены типовые качественные значения параметра гетерогенности организационной системы.

Таблица 2.2 – Типовые качественные значения параметра гетерогенности организационной системы

Значение	Описание
Все элементы системы одинаковы	Организация состоит из полностью идентичных по своему составу и функциональному назначению элементов. Как правило, примером такой организации является одноранговое сообщество, объединенное какой-либо целью, при этом решения принимаются сообществом коллегиально, и оно не имеет ярко-выраженного центра управления
Все элементы системы подобны	Организация состоит из элементов, примерно совпадающих по своему составу, имеющих сходные функциональные возможности, действующих единообразно в рамках достижения общей цели. Отдельно может выделяться элемент – центр принятия решений и координации остальных подобных элементов



Значение	Описание
Большинство элементов системы подобны	Организация состоит из элементов, большая часть которых примерно совпадает по своему составу, имеет сходные функциональные возможности и действует сообща в рамках достижения общих или сходных целей. Дополнительно в состав организации включены элементы, реализующие процессы управления и другие обеспечивающие процессы в отношении основных элементов, а также другие группы элементов, реализующих альтернативные цели, но их совокупная доля не превышает 40...50%
Некоторые элементы системы подобны, некоторые нет	Организация состоит из нескольких групп элементов, каждая из которых имеет различный количественный и качественный состав, различные функциональные возможности и действует в рамках достижения собственных целей. При этом доля самой крупной группы элементов не превышает 50%.
Большинство элементов системы различны	Организация состоит из большого числа групп элементов, каждая из которых имеет различный количественный и качественный состав, различные функциональные возможности и действует в рамках достижения собственных целей. При этом доля самой крупной группы элементов не превышает 20%.
Все элементы системы различны	Организация состоит из различных элементов, каждый из которых имеет различный количественный и качественный состав, различные функциональные возможности и действует в рамках достижения собственных целей.

### 2.3.4. Структура и принципы управления

*Структура управления организации* – форма разделения и кооперации управленческой деятельности, в рамках которой осуществляется процесс управления отдельными элементами по соответствующим функциям, направленным на решение поставленных задач и достижение намеченных целей, причем для элементов распределяются функциональные обязанности, права и ответственность, определяются порядок и форма их взаимодействия, а само взаимодействие сводится к обмену информацией: командно-распорядительной, информирующей и донесениями о выполнении тех или иных команд.

Разработка принципов построения организационных структур управления проводилась одновременно с разработкой теории управления и теории организации. Однако следует разделять принципы управления, которые лежат в основе построения всей системы и принципы построения организационной структуры управления. Так, А. Файоль предложил основные принципы управления, среди которых можно выделить следующие принципы: разделения труда, единства цели и руководства, соотношения централизации и децентрализации, власти и ответственности, иерархии, или скалярной цепи.

Организационная структура управления должна быть подстроенной под тип и цели организации. Поэтому данные структуры отличаются большим разнообразием и определяются многими объективными факторами и условиями, важнейшими из них являются следующие:

- масштабы бизнеса (малый, средний, большой);
- производственные и отраслевые особенности бизнеса (производство товаров, услуг, купля-продажа);

- характер производства (массовый, серийный, единичный);
- сфера деятельности фирм (местный, национальный, внешний рынок);
- уровень механизации и автоматизации управленческих работ;
- квалификация работников.

Исследователь Г. Минцберг [96] ввел следующую классификацию организационных структур – таблица 2.3.

Таблица 2.3 – Классификация организационных структур по Г. Минцбергу [96]

Тип структуры	Описание
Простая иерархическая структура	«Стратегическая вершина» (совет директоров, президент, исполнительный директор со своим штабом). Высокая степень концентрации и централизации власти
Технократическая бюрократия	«Технологическая структура» (органы, выполняющие строго определенные функции). Структура типа веберовской бюрократии
Профессиональная бюрократия	«Специалисты, выполняющие достаточно сложные функции, чтобы их специализировать и стандартизировать». Низкая концентрация власти — так называемая профессиональная автономия
Дивизионная структура	«Средняя линия» — менеджеры отделений, филиалов, ориентированных на (или/или) продукт, функцию, регион. «Средняя линия» использует технократическую или профессиональную бюрократию
Адхократия	Специалисты, обеспечивающие новации и нововведения, объединенные в команды, бригады на временной или добровольной основе. Реализует и принцип сетевой организованной неорганизованности, когда «нужные люди встречаются в нужном месте в нужное время по нужной проблеме»

Как видно из таблицы типы структур управления разнятся переходя от жесткой иерархии, до сетевой структуры, когда отдельные элементы объединяются на основе горизонтальных связей в «группы по решению целевых задач». В этой связи можно выделить 3-и основных типа систем управления, которые характерны для вышеуказанных организационных структур:

- 1) иерархическая система управления;
- 2) сетевая система управления;
- 3) сетецентрическая система управления.

Рассмотрим данные типы систем управления более подробно.

#### 2.3.4.1. Иерархическая система управления

Иерархическая система управления соответствует структуре управления древовидного типа (рис. 2.4). Каждый элемент иерархии является связанным узлом в дереве. Команды, задачи и цели, которые должны быть достигнуты, доводятся по дереву системы управления от вышестоящих узлов к подчиненным узлам, тогда как доклады о выполнении и результаты доводятся от подчиненных в высшие узлы. Узлы также могут обмениваться сообщениями с другими узлами по горизонтали. Каждый более высокий уровень иерархической системы управления работает с более длинным интервалом планирования и времени выполнения, чем его нижний уровень. Нижние уровни имеют локальные цели и

задачи, а их действия планируются и координируются более высокими уровнями, которые, как правило, не переопределяют их решения.

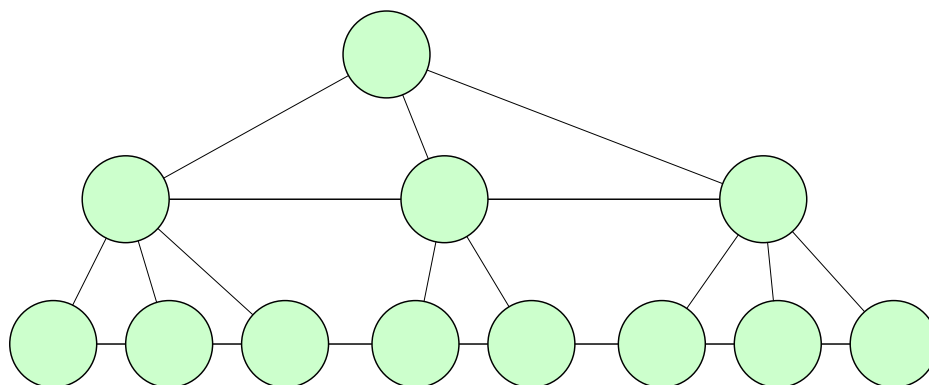


Рис. 2.4. Иерархическая система управления

К иерархическим организациям, например, относят государственные структуры, контролирующие сообщества более мелких организаций (коммерческие фирмы, политические организации, семейные ячейки).

Иерархические системы управления, как правило, имеют следующие отличительные черты:

- строгая иерархическая архитектура, в которой четко регламентированы отношения «орган управления – подчиненное подразделение»;
- обмен информацией ведется только по направлениям «орган управления – подчиненное подразделение» в соответствии с отношениями подчиненности. Предоставление информации соседним «ветвям» системы управления, проводится исключительно с санкции вышестоящего органа управления;
- при решении какой-либо определенной задачи, информация о состоянии целевого процесса «продвигается» вверх пока не достигает органа управления, уполномоченного принимать решение по данной задаче и которому подчинены все объекты управления, взаимодействующие в рамках решения этой задачи.

Указанные особенности делают иерархическую систему недостаточно гибкой и неоперативной при выработке решений в быстроменяющейся обстановке. Необходимость информационных потоков команд и донесений о их выполнении циркулировать преимущественно «вверх – вниз», сложность обмена информацией с соседними «ветвям» системы управления все это создает дополнительные барьеры интероперабельности в такой системе управления. Помимо чисто бюрократических препятствий перехода информации «по горизонтали», дополнительным барьером интероперабельности является то, что в разных «ветвях» системы управления могут быть приняты свои собственные, отличающиеся друг от друга, регламенты организации документооборота и внедрены различные ТС обмена информацией.

### 2.3.4.2. Сетевая система управления

Сетевая система управления подразумевает относительную «горизонтальную равноправность» элементов организации (рис. 2.4), когда один и тот же элемент может являться как органом управления при решении одних задач, так и подчиненным объектом, при решении других задач. Сетевой системе, как правило, свойственно самоорганизация путем объединения элементов в функциональные группы, решающие совместную задачу, коллективное принятие решений путем прямой демократии, высокая адаптивность к изменениям внутренних условий и внешней среды.

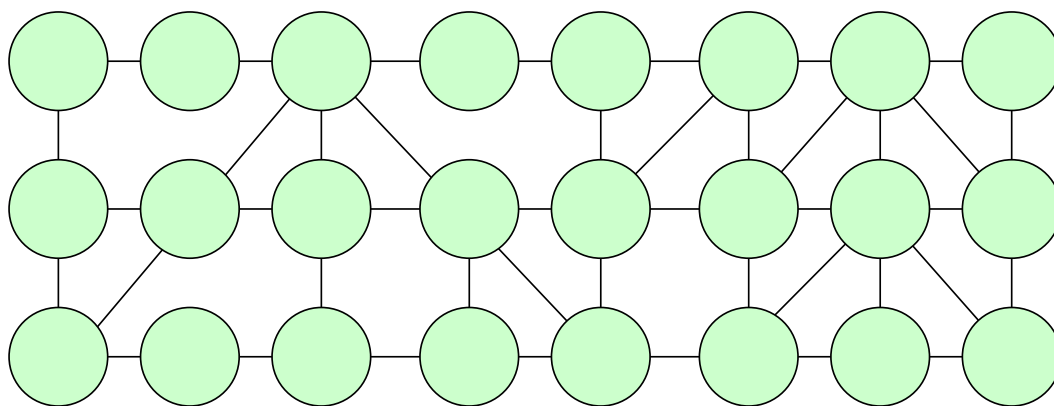


Рис. 2.5. Сетевая система управления

Говоря об интероперабельности в таких системах управления отметим что для сетевых систем свойствен интенсивный «горизонтальный» информационный обмен по принципу «каждый – с каждым». Особенно высокий уровень интенсивности информационного обмена присутствует внутри функциональных групп, решающих общую задачу. Барьерами интероперабельности в такой системе является, как это не странно, именно высокая интенсивность информационного обмена – при большом объеме передаваемой информации возникает эффект «информационного шума», когда сложно вычленить нужную информацию, найти и провести взаимодействие с нужным элементом системы.

Недостатками сетевой системы управления являются следующие:

- отсутствие четко-выраженного центра принятия решений;
- наличие демократических процедур принятия решений не гарантирует, что будет приниматься наилучшее решение, скорее всего будет принято решение, выгодное большинству;
- высокая текучесть персонала между функциональными группами; сложности планирования достижения целей и решения задач.

### 2.3.4.3. Сетецентрическая система управления

Сетецентрическая система управления – это некий «симбиоз» иерархической и сетевой систем управления, когда в организации сохраняется иерархические уровни органов управления, однако подчиненные элементы, могут гибко изменять свою подчиненность и объединяться в группы, адаптируясь под специфику текущих задач. Дополнительными особенностями сетецентрической

системы управления являются: объединение всех элементов системы в единое информационное пространство (сетевую среду); обеспечение полной интероперабельности элементов и предоставление всем элементам системы возможностей беспрепятственного взаимного обмена информацией независимо от уровней иерархии и выполняемых функций. Таким образом, сетевая система, с одной стороны, сохраняет гибкость и высокую интенсивность информационного взаимодействия сетевой системы, но при этом наследует упорядоченность и структуру иерархических систем.

*Сетевая система управления* – распределённая система управления, в которой ее основные элементы, такие как силы и средства наблюдения, органы управления, управляемые силы и средства, объединены на основе единого информационного пространства и беспрепятственно обмениваются информацией.

В отличие от «классических систем», сетевые системы, как правило, имеют следующие отличительные черты:

- гибкая сетевая архитектура, в которой отношения «орган управления – объект управления» самоорганизуются – динамически меняются и адаптивно подстраиваются под текущую решаемую задачу;
- обмен информацией ведется между всеми элементами системы не зависимо от отношений подчиненности, а в зависимости от необходимости получения той или иной информации для успешного решения требуемой задачи. Каждый элемент системы может самостоятельно запрашивать и предоставлять информацию другим элементам в рамках решаемой задачи;
- при решении какой-либо определенной задачи органы управления выполняют функции не прямого управления, а в большей степени – координации процессов самоорганизации подчиненных объектов, при этом подчиненные объекты могут формировать собственные кооперативные стратегии решения поставленной задачи.

Сравнительный анализ «классической» и сетевой архитектур построения систем управления показывает, что переход к сетевой архитектуре приводит к росту интенсивности и качества информационного взаимодействия. Это связано с тем, что в сетевой системе каждый элемент связан с другими элементами по типу «каждый – с каждым», а в иерархической по типу «каждый – только со своим органом управления». Таким образом, проблема обеспечения интероперабельности именно для сетевых систем имеет первостепенное значение. Этот вывод подтверждается тем, что США начиная в 1990-х годах работы по комплексированию различных систем управления в СЦИУС развернули масштабные теоретические исследования в области интероперабельности (эволюция этих исследований кратко представлена в работе [18]). Координацию этих исследований сначала в США, а, в дальнейшем, и на международном уровне осуществлял консорциум NCOIC. Данный консорциум разработал большое количество руководящих документов для обеспечения интероперабельности в СЦИУС, основными из которых является SCOPE-модель [63] и NIF [64].

### 2.3.5. Структура информационных связей и принципы информационного взаимодействия

По базовому принципу информационного взаимодействия со средой и другими системами, организационные системы можно разделить на закрытые и открытые.

*Закрытая организационная система* – это система, которая не имеет связи с внешней средой, т.е. не обменивается с внешней средой продуктами, услугами, товарами и др. Примером может являться изолированная деревня, ведущая натуральное хозяйство.

*Открытая организационная система* имеет внешние связи с другими организациями или внешней средой.

В настоящее время практически любая организация – это открытая система, т.к. она получает из окружающей среды или от других организаций ресурсы в виде капитала, сырья, энергии, информации, людей, оборудования и т.п., которые становятся элементами её внутренней среды. Часть ресурсов с помощью определенных технологий перерабатывается, преобразуется в продукты и услуги, которые затем передаются во внешнюю среду.

Обеспечение интероперабельности не имеет высокой важности для закрытых систем, но чрезвычайно важно для открытых систем.

Открытые системы могут иметь различную архитектуру и принципы информационного взаимодействия. Как указывалось ранее, иерархическим организационным системам свойственно информационное взаимодействие по принципу «каждый – только со своим органом управления», а сетевыми системам – по принципу «каждый – с каждым». Таким образом в сетевых системах плотность информационных связей существенно выше чем в иерархических системах и проблемы обеспечения интероперабельности в них – более актуальны и более важны т.к. нарушение интероперабельности в сетевых системах фактически приводит к невозможности их функционирования.

Помимо открытости, архитектуры и принципов информационного взаимодействия на интероперабельность еще влияет и степень гетерогенности (неоднородность и неравнозначность) информационных связей. Как правило, с увеличением масштаба организации, количества решаемых ею задач и включения в состав организации всё более разнородных элементов степень гетерогенности её информационных связей возрастает. С увеличением степени гетерогенности интероперабельность в ней ухудшается. Для улучшения интероперабельности требуется внедрять единые технические системы управления, электронного документооборота и информационного взаимодействия, которые бы учитывали и нивелировали разнородность различных информационных связей, взаимно дополняя и резервируя их, позволяя элементам системы максимально эффективно обмениваться информацией в интересах решения целевых задач.

## **2.3.6. Барьеры интероперабельности**

*Барьер интероперабельности* – какое-либо препятствие или ограничение, затрудняющее обмен информацией или использование информации, полученной в результате обмена.

Барьеры интероперабельности, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 11354-1 [83], по-разному относятся к основным категориям организационной системы:

- бизнесу;
- процессам;
- сервисам (услугам);
- данным.

Рассмотрим эти барьеры, применительно к вышеуказанным категориям, более подробно.

### **2.3.6.1. Барьеры интероперабельности бизнеса**

Интероперабельность бизнеса выражается в способности организаций к совместной работе в интересах решения целевых задач, как правило, в рамках ведения совместной коммерческой или производственной деятельности – бизнеса.

Интероперабельность коммерческой и производственной деятельности (бизнеса) возникает тогда, когда отдельный бизнес делается совместно или совместно используется несколькими взаимодействующими партнерами. Движущим началом интероперабельности бизнеса является создание прибавочной стоимости для участников совместной деятельности и может основываться на менее формальных взаимоотношениях между ними, чем обязательства, возникающие из договоров и нормативно-правовых актов.

Барьеры интероперабельности для бизнеса могут возникать тогда, когда взаимодействующие бизнес-партнеры обладают различными моделями коммерческой или производственной деятельности, различными режимами принятия решений, методами работы, нормативными ограничениями, культурой производства, коммерческими подходами и т.п. Все вопросы, связанные с несовместимостью или барьерами коммерческой или производственной деятельности у бизнес-партнеров, вступающих в обмен информацией и другими материальными объектами, должны выявляться перед началом любого активного взаимодействия между ними.

### **2.3.6.2. Барьеры интероперабельности процессов**

Интероперабельность процессов относится к способности организаций или их структурных подразделений обмениваться информацией или другими материальными объектами, необходимыми им для выполнения целевых коммерческих, производственных или обеспечивающих процессов.

Барьеры интероперабельности процессов возникает тогда, когда:

- конкретный процесс не может получать и использовать необходимую информацию и другие информационные ресурсы, предоставляемые внешним процессом;

- внешний процесс не может получать и использовать необходимую информацию и другие информационные ресурсы из процессов, выполняемых в организации.

Несовместимость процессов может возникать между взаимодействующими или сотрудничающими структурными подразделениями, обладающими различными моделями процессов, различными режимами контроля или различным распределением ответственностей, прав доступа к информационным системам, управлением работой и внесением изменений, а также при нечетком определении границ смежных процессов.

Проблемы несовместимости коммерческих или производственных процессов в различных организациях, должны описываться перед началом любого активного взаимодействия между ними, если не будет определено, что это взаимодействие будет осуществляться с использованием промежуточного агента (медиатора) или любым другим аналогичным способом.

### **2.3.6.3. Барьеры интероперабельности услуг**

Интероперабельность услуг относится к способности коммерческих или производственных структурных подразделений организации запрашивать, предоставлять и использовать услуги друг друга.

Барьеры интероперабельности услуг возникают тогда, когда:

- конкретная услуга не может запрашивать, получать и использовать необходимую информацию, предоставляемую внешним источником услуг, или наоборот,
- внешний источник услуг не может запрашивать, получать и использовать необходимую информацию, предоставляемую источником услуг организации.

Барьеры интероперабельности услуг могут возникать между взаимодействующими коммерческими или производственными структурными подразделениями организации, обладающими различными структурами услуг, различными режимами контроля и/или различным распределением ответственностей и прав доступа при выборе услуги, управлением предоставления услуг и т.д.

Проблемы относительно несовместимости услуг между коммерческими или производственными структурными подразделениями необходимо проверять при любом взаимодействии между организациями. Проблемы должны выявляться перед началом любого активного взаимодействия между организациями, если не будет определено, что это взаимодействие будет осуществляться с использованием промежуточного агента (медиатора) или любым другим аналогичным способом.

### **2.3.6.4. Барьеры интероперабельности данных**

Интероперабельность данных связана со способностью структурных подразделений организации всех видов обмениваться между собой информацией в формализованном знаково-символьном виде, пригодном для обработки в информационных системах. Перед любым активным взаимодействием между информационными системами сотрудничающих организаций необходимо вы-



явить проблемы в формировании, передачи, хранении, обработки и представлении данных.

Интероперабельность данных является основой для большинства форм взаимодействия организаций и характеризуется:

- формой данных;
- содержанием информационных сообщений;
- необходимыми возможностями взаимодействия при обмене информацией в виде данных.

Область интероперабельности данных распространяется как на неэлектронные данные (например, на обычные документы, записи разговоров), так и на электронные данные (например, на файлы данных или на данные, хранящиеся в базе данных).

Барьеры интероперабельности данных могут возникать между взаимодействующими коммерческими или структурными подразделениями, обладающими различными формами и структурами представления данных, различными синтаксисами данных, различной лингвистикой и семантикой сообщений, а также с различными моделями данных (например, неформальной, иерархической, реляционной и т.п.), различными режимами контроля или различным распределением ответственности и прав доступа к информационным системам, управлением работой и внесением изменений.

### **2.3.7. Изменчивость**

*Изменчивость* – это свойство организационной системы изменять с течением времени свою структуру, состав входящих в нее подразделений, структуру и принципы управления, решаемые задачи и достигаемые цели, адаптируясь к изменениям среды, обстановки или к новым целям.

Изменчивость, с одной стороны, является признаком более высокой адаптивности организации к новым условиям – то есть проявлением ее большей эффективности, с другой стороны, для интероперабельности изменчивость является скорее негативным фактором. Это обусловлено тем, что при каждом изменении внутри организации рвутся или видоизменяются устоявшиеся информационные взаимодействия как между структурными подразделениями, так и между сотрудничающими организациями. Это требует определенного времени для налаживания новых связей и налаживания устойчивого информационного взаимодействия в рамках новой структуры.

## **2.4. Параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла организационных систем**

*Жизненный цикл организации* – совокупность стадий развития, которые проходит организация за время своего существования.

В соответствии с работой [97] выделяют следующие стадии развития организационных систем, рассматривая, прежде всего, коммерческие организации (в отношении организаций другого типа эти стадии в целом совпадают, но могут иметь другое содержание):

- стадия рождения – возраст организации младше 10 лет; организация имеет неформальную структуру; во главе управления, как правило, менеджер-собственник;
- стадия развития – уровень продаж возрастает более чем на 15%; организация имеет функционально организованную структуру, политика организации формализована;
- стадия зрелости – уровень продаж растет, но прирост составляет менее 15%; организация имеет разветвленные бюрократические бизнес-процессы;
- стадия расцвета – уровень продаж снова возрастает более чем на 15%, используются сложные системы контроля и планирования;
- стадия упадка – ограничение выпуска продукции; падение прибыли.

Соответственно на данных стадиях жизненного цикла организации реализуются различные действия и операции по обеспечению интероперабельности – таблица 2.4.

Таблица 2.4 – Действия и операции по обеспечению интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла организации

Стадия жизненного цикла организации	Действия и операции по обеспечению интероперабельности
Стадия рождения	Удовлетворение базовых требований к обеспечению информационного обмена данной организации с другими организациями, а также ее подсистем, подразделений и должностных лиц между собой
Стадия развития	Разработка и внедрение требований по обеспечению интероперабельности как с другими организациями, так и с подсистемами и подразделениями внутри организации. Формирование архитектуры подсистемы документооборота и обмена информационными сообщениями с внешними и внутренними абонентами. Внедрение подсистемы автоматизированного обмена информацией с профильными органами государственной власти. Выявление и устранение основных барьеров интероперабельности
Стадия зрелости	Разработка и внедрение подсистемы документооборота и обмена информационными сообщениями, в виде совокупности ряда организационно-технических решений. Широкое использование технических средств формирования, сбора, хранения, обмена, обработки и представления информации внутри организации. Обеспечение автоматизированного обмена информацией с профильными органами государственной власти, использование стандартных каналов коммуникации через сеть Интернет. Выявление и устранение барьеров интероперабельности, с учетом конкретных бизнес-процессов организации
Стадия расцвета	Уточнение требований по интероперабельности. Модернизация подсистемы документооборота и обмена информационными сообщениями, а также технических средств формирования, сбора, хранения, обмена, обработки и представления информации с целью повышения степени внешней и внутренней интероперабельности. Выявление и устранение отдельных частных барьеров интероперабельности, которые не были устранены на предыдущих стадиях развития

Стадия жизненного цикла организации	Действия и операции по обеспечению интероперабельности
Стадия упадка	Накапливается количество барьеров внутренней и внешней интероперабельности, которые требуется устранить и учесть в организационной системе, однако они не устраняются. Модернизация подсистемы документооборота и обмена информационными сообщениями, а также технических средств формирования, сбора, хранения, обмена, обработки и представления информации не проводится или проводится с существенным запаздыванием. с целью повышения степени внешней и внутренней интероперабельности

## **2.5. Параметры готовности организационных систем к взаимодействию между собой**

Одним из наиболее важных аспектов, который влияет на достигаемый уровень организационной интероперабельности, является готовность организационных систем к взаимодействию между собой, который определяется следующими параметрами:

- уровнем готовности организационной системы к взаимодействию с другими системами;
- уровнем готовности организационной системы к взаимодействию по отношению к категориям:
  - бизнеса;
  - процессов;
  - служб;
  - данных;
- уровнем готовности среды взаимодействия;
- степенью функциональной совместимости систем.

Далее рассмотрим данные параметры более подробно.

### **2.5.1. Уровни готовности организационной системы к взаимодействию с другими системами**

*Уровень готовности (зрелости)* – показатель, характеризующий соответствие рассматриваемого объекта, либо определенного этапа его жизненного цикла (от замысла до серийного выпуска), либо качественной степени его развития (от неразвитого до развитого в максимальной степени). Оценка достижения того или иного уровня готовности (зрелости) осуществляется с применением шкал, так называемых уровней готовности (зрелости) [159].

Согласно ГОСТ Р ИСО 11354-2 – 2016 [98] выделяется 5 уровней готовности (зрелости) организационной системы к взаимодействию с другими системами – таблица 2.5. Каждый из этих уровней определяет некоторую степень возможностей, необходимых для получения или повышения уровня функциональной совместимости данной организации с другими организациями в области их информационного взаимодействия.

Таблица 2.5 – Уровни готовности (зрелости) системы взаимодействовать с другими системами [98]

Уровень готовности (зрелости) системы	Описание
Уровень 0. «Неподготовленный»	Организация не имеет возможности или намерений для реализации информационного взаимодействия с другими организациями
Уровень 1. «Определенный»	Организация способна должным образом моделировать, описывать и подготавливать свои элементы, компоненты и подсистемы для подготовки к ограниченному взаимодействию с другими предприятиями
Уровень 2. «Согласованный»	Организация способна проводить необходимые изменения в своем нормативно-правовом базисе и в своей структуре для согласования своей деятельности с общепринятыми форматами данных или стандартами информационного взаимодействия, в рамках которых взаимодействуют другие организации
Уровень 3. «Организационный»	Организация способна использовать моделирование бизнес-процессов и проводить самоадаптацию, в интересах взаимодействия с другими, аналогичными организациями
Уровень 4. «Адаптивный»	Организация способна гибко и динамично приспосабливаться и договариваться с любой другой организацией

Уровень 0 «Неподготовленный» – соответствует самому низкому уровню готовности (зрелости) интероперабельности, который характеризуется собственными и разнотипными свойствами информационных систем. При этом ни один из информационных ресурсов не предназначен для совместного применения с другими системами. Организационная структура и обязанности явно не указываются. В общем случае какое-либо информационное взаимодействие между подразделениями отсутствует и, в частности, отсутствует взаимодействие с другими организациями. Связь с другими организациями сохраняется в основном в виде обмена информацией в ручном режиме. Все информационные системы организации работают в автономном режиме и не способны к взаимодействию.

Уровень 1 «Определенный» – характеризуется ограниченной степенью возможных взаимодействий и ограниченной способностью к установлению соединений с другими информационными системами и с другими организациями. Хотя фактические или предусмотренные информационные системы все еще полностью различаются, некоторые информационные взаимодействия узкого спектра все же могут происходить. Применяется простой электронный обмен данными. Интероперабельность остается весьма ограниченной. Информационные системы могут иметься в организации и использоваться в бизнес-процессах, однако эти системы зависят от технологии и могут работать только на определенных платформах. Обязанности и полномочия должностных лиц в части обмена, обновления и хранения данных, предоставления информационных услуг и выполнения информационных процессов четко определены и подтверждены официальными документами.

Уровень 2 «Согласованный» – данный уровень готовности (зрелости) соответствует подходу, подразумевающему использование организацией инте-

грированной информационной среды. Данный уровень характеризуется использованием общих форматов данных, которые либо были приняты в данной организации, либо были заданы другой организацией. Также данный уровень характеризуется максимальной степенью использования соответствующих стандартов и гибкостью организационной структуры организации. Информационная инфраструктура и предполагаемые к использованию информационные системы и платформы имеют возможность интеграции и взаимодействия. Для ведущих специалистов организации организовано обучение по вопросам повышения интероперабельности. Существуют рекомендации и процедуры с описанием процессов достижения требуемой степени интероперабельности. Выполнение требований по интероперабельности позволяет организации получить стабильную информационную среду, которая дает возможность устанавливать долгосрочное и устойчивое информационное взаимодействие с поставщиками, субпоставщиками и заказчиками. В целом, усилия по внесению изменений в информационные системы организации (по времени и затратам) для достижения этого уровня зрелости достаточно велики. В связи с этим мероприятия по согласованию общих форматов данных и стандартов информационного взаимодействия, может ограничиваться только учетом специфики других организаций или интеграцией только тех информационных систем, которые вовлекаются в процесс интенсивного информационного обмена.

Уровень 3 «Организованный» – данный уровень готовности (зрелости) соответствует унифицированному подходу к формированию информационной среды, который задается в концепции интероперабельности организации, и характеризует такую среду, которая соответствует решению проблемы функциональной совместимости. Данный уровень соответствует возможности разнотиповых информационных системам и большому числу различных организаций взаимодействовать между собой, в том числе с использованием общей сетевой среды. Несмотря на то, что информационные системы организаций остаются разнотипными, их интеграцию можно планировать и обеспечивать с помощью соответствующих метамodelей и метаданных. Данный уровень готовности предполагает, что организация достигла определенной степени гибкости, и ее организационная структура уже сформировалась для одновременного взаимодействия с различными разнообразными партнерами. Это значит, что предприятие может одновременно работать с несколькими разнотипными партнерами в разнообразной партнерской среде (когда партнеры могут меняться), без необходимости каждый раз перестраивать их информационные системы. В рамках данного уровня готовности (зрелости) предполагается развитие онтологий или эталонных метамodelей, а также стандартизированных метамodelей данных. Данный уровень также требует, чтобы персонал организации был обучен подходам, принципам и понятиям интероперабельности.

Уровень 4 «Адаптивный» – данный уровень готовности (зрелости) соответствует обобщенному подходу к информационной среде, который определен в концепции интероперабельности организаций. Данный уровень является наивысшим уровнем готовности (зрелости), который можно охарактеризовать способностью организаций при необходимости динамически корректировать и

приспосабливать формы своего сотрудничества и информационного взаимодействия без какой-либо предварительной подготовки. На данном уровне зрелости, как правило, уже реализована общая онтология предметной области. На этом уровне организации могут взаимодействовать с многоязычными и многонациональными разнотипными организациями. На данном уровне вся информация, сетевая среда и возможности функциональной совместимости информационных систем сами по себе становятся объектами непрерывного совершенствования – эволюционного и адаптационного. Данный уровень зрелости весьма редко достигается в реальных действующих организационных системах.

### 2.5.2. Уровни готовности организационной системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнеса, процессов, служб и данных

Согласно ГОСТ Р ИСО 11354-2 – 2016 [98] вышеуказанные уровни готовности (зрелости) организационной системы по-разному описываются для различных категорий организационной системы: бизнеса, процессов, служб и данных, а также на различных уровнях интероперабельности – организационном, семантическом и техническом – таблица 2.6.

Таблица 2.6 – Проявление интероперабельности на различных уровнях модели интероперабельности и на различных уровнях готовности (зрелости) организационной системы [98]

Уровень готовности (зрелости) системы	Категория организационной системы	Организационный уровень	Семантический уровень	Технический уровень
Уровень 0. «Неподготовленный»	Бизнес	В организации не регламентированы информационные процессы и их влияние на бизнес	Разнородные представления данных, стратегии и политики, обмена данными не описанные и/или не смоделированные	«Выборочная» автоматизация, отсутствие в организации широкой ИТ-инфраструктуры
	Процессы	Ответственность и полномочия явно неопределены (или их невозможно определить с помощью других организаций)	Разнородные информационные процессы, не описанные должным образом	Ручные процессы без ИТ-поддержки
	Службы	Работа информационных служб не регламентирована в организации	Разнотипные информационные службы, не описанные должным образом	Автономные сервисы и приложения
	Данные	Информационные процессы в организации не регламентированы	Разнотипные данные, не описанные должным образом	Устройства хранения и обработки данных не интегрированы друг с другом; обмен данными возможен только в ручном режиме

Уровень готовности (зрелости) системы	Категория организационной системы	Организационный уровень	Семантический уровень	Технический уровень
Уровень 1. «Определенный»	Бизнес		Описаны и задокументированы бизнес-стратегии и методики	Установлена и используется базовая ИТ-инфраструктура и платформы
	Процессы	Определены и установлены организационные структуры. Определены обязанности и полномочия должностных лиц	Определены и задокументированы информационные процессы	Ограниченная ИТ-поддержка процессов лишь для информационного обмена узкого применения
	Службы		Определены и задокументированы информационные службы	Присоединяемые службы и приложения обеспечивают ситуационный обмен информацией
	Данные		Определены и задокументированы модели данных	Присоединяемые устройства хранения данных, обеспечивающие простой электронный обмен данными
Уровень 2. «Согласованный»	Бизнес	Согласованы организационные структуры; обучение персонала вопросам интероперабельности	Согласованы общие представления о бизнес-концепциях, приемлемые для других организаций	Согласованная между собой или конфигурируемая ИТ-инфраструктура
	Процессы	Установлены процедуры для интероперабельности процессов	Установленные модели информационных процессов, использующие согласованные форматы и стандарты	Согласуемые технологические средства и платформы
	Службы	Установлены процедуры для интероперабельности служб	Модели служб, использующие согласованные форматы и стандарты	Согласуемая или конфигурируемая архитектура служб и интерфейсов
	Данные	Установлены правила и методы управления данными	Модели данных, использующие общепринятые или согласованные форматы и стандарты	Подсоединяемые базы данных, основанные на стандартных протоколах

Уровень готовности (зрелости) системы	Категория организационной системы	Организационный уровень	Семантический уровень	Технический уровень
Уровень 3. «Организационный»	Бизнес	Гибкая организационная структура, обеспечивающая взаимодействие между организациями	Бизнес-модели, обеспечивающие многостороннее партнерство и сотрудничество организаций	Открытая ИТ-инфраструктура, обеспечивающая взаимодействие между инфраструктурой организации и другими платформами
	Процессы	Установление совместного управления процессами в различных организациях	Модели процессов, обеспечивающие определение соответствия между взаимодействующими процессами	Платформы и средства для совместного выполнения процессов
	Службы	Установление служб взаимодействия и управления приложениями	Модели служб, обеспечивающие определение соответствия между службами взаимодействия	Гармоничное комбинирование или гибкая организация работы служб, обеспечивающих взаимодействие между совместно используемыми приложениями
	Данные	Управление персональными данными различных партнеров	Модели данных, обеспечивающие определение соответствия между базами данных	Удаленный доступ к базам данных приложений
Уровень 4. «Адаптивный»	Бизнес	Динамичные организационные структуры, обеспечивающие при сотрудничестве упреждающее управление	Непрерывная оценка и согласование концепций совместного бизнеса	Адаптируемые и реконфигурируемые ИТ-инфраструктуры и платформы
	Процесс	Динамическое и оперативное управление совместными процессами	Динамический реинжиниринг совместных процессов	Динамические и адаптивные средства обработки процессов
	Службы	Динамическое и оперативное управление совместными службами	Заказное и адаптивное моделирование совместных служб	Динамически компонуемые службы для сетевых приложений
	Данные	Правила и методы динамического и оперативного управления данными	Адаптивные и совместные модели данных	Возможности прямого обмена базами данных и средства полного преобразования данных

Уровни готовности 0 и 1 соответствуют ситуации, при которой не существует какого-либо взаимодействия с другими организациями (или суще-



ствуют, но лишь очень ограниченное). То есть эти уровни соответствуют закрытым или «почти закрытым» организационным системам.

Уровни готовности от 2 и выше соответствуют ситуации, когда существует реальная необходимость организационных систем взаимодействовать между собой и здесь другим важным параметром является готовность среды взаимодействия к обмену информацией.

### 2.5.3. Уровни готовности среды взаимодействия

Согласно ГОСТ Р ИСО 11354-2 – 2016 [98] выделяется 5 уровней готовности (зрелости) среды взаимодействия при организации обмена информацией между двумя организационными системами – таблица 2.7.

Таблица 2.7 – Уровни готовности (зрелости) среды взаимодействия при организации обмена информацией между двумя организационными системами [98]

Уровень готовности (зрелости) среды взаимодействия	Описание
Уровень 0. «Неподготовленный»	Изолированная среда – среда взаимодействия приспособлена к обмену информацией только в ограниченном ручном режиме (в виде почтовой отправки отдельных документов, отправки/приема факсов и т.д.)
Уровень 1. «Определенный»	Связанная среда – информацией в среде взаимодействия можно обмениваться только посредством простого электронного обмена, например, сообщениями email
Уровень 2. «Согласованный»	Интегрированная среда – среда взаимодействия функционирует на основе общепринятого формата (стандарта), в соответствии с которым все остальные организации могут адаптировать свои подсистемы или их компоненты
Уровень 3. «Организационный»	Унифицированная среда – среда взаимодействия использует метамодели, что позволяет интегрировать между собой различные гетерогенные информационные подсистемы
Уровень 4. «Адаптивный»	Обобщенная среда – среда взаимодействия не обладает заранее выбранным форматом или метамоделью, и вместо взаимодействия позволяет подбирать и динамически приспособливать саму среду с использованием априорной информации о параметрах взаимодействия, типе и семантике информации

### 2.5.4. Степени функциональной совместимости систем

Каждый уровень готовности (зрелости) среды взаимодействия, в свою очередь, соответствует определенной степени функциональной совместимости (в диапазоне от полной несовместимости до полной совместимости), как это указано в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Степени функциональной совместимости

Степени функциональной совместимости	Описание
Степень 0. «Неподготовленный»	Функциональная совместимость отсутствует или требует ручного вмешательства
Степень 1. «Определенный»	Функциональная совместимость ограничивается лишь отдельными информационными взаимодействиями в рамках решения отдельных задач узкого диапазона
Степень 2. «Согласованный»	Функциональная совместимость ограничивается равноправными одноранговыми отношениями (при использовании общих форматов или стандартов)
Степень 3. «Организационный»	Расширенная функциональная совместимость, подразумевающая осуществление информационного взаимодействия по принципу «многие – с многими» в отношении большого числа гетерогенных организаций
Степень 4. «Адаптивный»	Как правило, достигается полная функциональная совместимость, что позволяет организации взаимодействовать по принципу «каждый – с каждым» с большим числом других организаций, в том числе и отличающимся по размеру, структуре и принципам управления и информационных связей

## Основные выводы по 2 главе

Разработана концептуальная модель интероперабельности ОТС (п. 2.1), которая, по мнению автора, представляет собой базис, в рамках которого взаимодействуют основные процессы, категории и объекты ОТС, а именно (п. 2.1.1):

- цели и задачи организации;
- бизнес-процессы;
- персонал организации;
- информационные процессы;
- технические средства (как интеллектуальные, так и реактивные);
- данные, информация, знания;
- нормативно-правовая база;
- параметры организации, влияющие на интероперабельность.

Описана суть интероперабельности на организационном, семантическом и техническом уровнях (п. 2.1.2), межуровневые связи интероперабельности через совместные процессы, категории и объекты ОТС (п. 2.1.3). Представлены требования, предъявляемые к информации, к подсистемам связи и управления ОТС (п. 2.1.4).

Проведен анализ содержания и сути нормативно-правовой базы, регламентирующей вопросы обеспечения интероперабельности (п. 2.2). Представлены основные типы документов, а также содержание этих документов, применительно к организационному, семантическому и техническому уровням интероперабельности (п. 2.2.1). Показано, что фундаментальным документом, обеспечивающим интероперабельность взаимодействующих ОТС является *профиль интероперабельности* – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций, регламентов и других документов, организованных в соответствии с

уровнями интероперабельности, ориентированный на описание информационного взаимодействия конкретных систем определенного класса. Представлены количественные показатели ширины (п. 2.2.2) и глубины (п. 2.2.3) регламентации интероперабельности.

Рассмотрены основные параметры организационной системы, влияющие на интероперабельность (п. 2.3):

- тип и назначение организационной системы (п. 2.3.1);
- среда и контекст функционирования системы (п. 2.3.2);
- размер организационной системы: масштаб системы; степень гетерогенности системы (п. 2.3.3);
- структура и принципы управления: иерархические; сетевые; сетецентрические (п. 2.3.4);
- структура информационных связей и принципы информационного взаимодействия (п. 2.3.5);
- наличие барьеров организационной интероперабельности, относительно: бизнеса; процессов; услуг; данных (п. 2.3.6);
- изменчивость (п. 2.3.7).

Представлены параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла организационных систем (п. 2.4) на стадиях: рождения; зрелости; расцвета; упадка.

Выявлены параметры готовности организационных систем к взаимодействию между собой (п. 2.5), которые декомпозируются на:

- уровни готовности организационной системы к взаимодействию с другими системами (п. 2.5.1);
- уровни готовности организационной системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнеса, процессов, служб, данных (п. 2.5.2);
- уровни готовности среды взаимодействия (п. 2.5.3);
- степени функциональной совместимости систем (п. 2.5.4).

В основу 2-й главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора и его учеников [22, 34, 35, 105].

### 3. Семантический уровень интероперабельности

*Семантический уровень интероперабельности* – уровень интероперабельности, на котором формализуются стандарты, нормы и правила единообразной и правильной интерпретации смысла информации.

Соответственно рассматривая информационное взаимодействие ОТС на этом уровне можно ввести понятие «семантическая интероперабельность».

*Семантическая интероперабельность* – способность взаимодействующих систем одинаковым образом интерпретировать смысл информации, которой они обмениваются [15].

Семантическая интероперабельность соответствует единому подходу к интерпретации смысла циркулирующей в ОТС информации: данных, докладов, сводок и сведений. Значимость этого уровня приобретает особое значение в связи с наметившейся тенденцией к внедрению интеллектуальных средств и функций в контур управления ОТС различного назначения.

Семантическая интероперабельность соответствует единому подходу к интерпретации смысла циркулирующей в ОТС информации: данных, докладов, сводок и сведений. Значимость этого уровня приобретает особое значение в связи с наметившейся тенденцией к внедрению систем ИИ в контур управления ОТС различного назначения. Человек-оператор интуитивно интерпретирует смысл всей поступающей информации, а ЛПР «вживается» в управляемую среду посредством анализа сообщений об складывающейся обстановке. Для систем ИИ все это является сложной и нетривиальной задачей. Именно на семантическом уровне технические средства ИИ должны обеспечить компиляцию смысла большого количества информации, поступающей от различных источников, верно интерпретировать и оценить обстановку, принимать адекватные решения в ответ на те или иные действия. С всё большим внедрением систем ИИ в системы поддержки принятия решений всеми ЛПР значимость этого уровня интероперабельности будет возрастать, поскольку именно на нём формализуются процессы компиляции и обработки смысла информации, преобразования ее в знания и обмен этими знаниями между системами ИИ, входящими в состав систем и комплексов управления, а через ЧМИ – с операторами и ЛПР.

Необходимо отметить, что в настоящее время уже известны исследования по вопросам семантической интероперабельности, например работы [99-103, 190-194], однако работы, направленные на глубокую проработку вопросов семантической интероперабельности на основе интеграции отечественной эталонной модели интероперабельности [15], SCOPE-модели [63] и NIF [64], – отсутствуют. В связи с этим проведение исследований в этой области представляется весьма актуальным.

Аспекты и параметры, составляющие содержание семантического уровня интероперабельности, представлены на рис. 3.1. Каждый из этих аспектов будет далее подробно рассмотрен в отдельном подразделе.



Рис. 3.1. Аспекты и параметры, составляющие содержание семантического уровня интероперабельности

В основу материала данной главы положено обобщение более ранних работ автора [25, 26, 29, 30, 32], посвященных различным вопросам семантической интероперабельности.

### 3.1. Мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС

#### 3.1.1. Классификация агентов в ОТС

Для описания взаимодействия объектов ОТС на семантическом уровне интероперабельности, используем мультиагентный подход [15, 25], позволяющий формализовать компоненты, подсистемы и элементы системы в качестве агентов, обладающих теми или иными свойствами.

*Агент* – типовой участник процесса взаимодействия, являющийся частью системы.

Для мультиагентного представления ОТС на семантическом уровне введем следующие категории агентов (рис. 2.1):

- *агент-пользователь* (АП) – является человеком-оператором некоторой ТС, ЛПР, пользователем информационной системы. Действия и реакции АП определяются интеллектом и моделью знаний, существующих внутри него;
- *технический агент* (ТА) – является технической системой или средством, построенным на основе принципов механики, автоматики, электроники, программной инженерии или робототехники, выполняющей автоматические и автоматизированные функции. Технические агенты делятся на интеллектуальные технические агенты и реактивные технические агенты;
- *интеллектуальный технический агент* (ИТА) – является технической системой или средством, в которых реализована собственная модель знаний и система интеллектуальных функций, в том числе функций взаимодействия. Как правило, ИТА реализуются в виде электронной, аппаратно-программной или робототехнической системы, выполняющей интеллектуальные функции в рассматриваемой ОТС;
- *реактивный технический агент* (РТА) – является технической системой или средством, в которой отсутствует собственная модель знаний,

а взаимодействие с таким типом агентов формируется на основе некоторого набора типовых выходных реакций, которые зависят от входных данных и состояния агента. Как правило, РТА реализуются в виде механической или автоматной системы, выполняющей простейшие неинтеллектуальные функции в ОТС;

- *проектирующий агент* (ПА) – агент, который может представлять собой как АП, так и ИТА, создающий множество РТА и задающий типовые способы их взаимодействия, а также их реакции на поступающую информацию. Эти набор и способы взаимодействия в дальнейшем используются другими разработчиками для формирования собственных агентов.

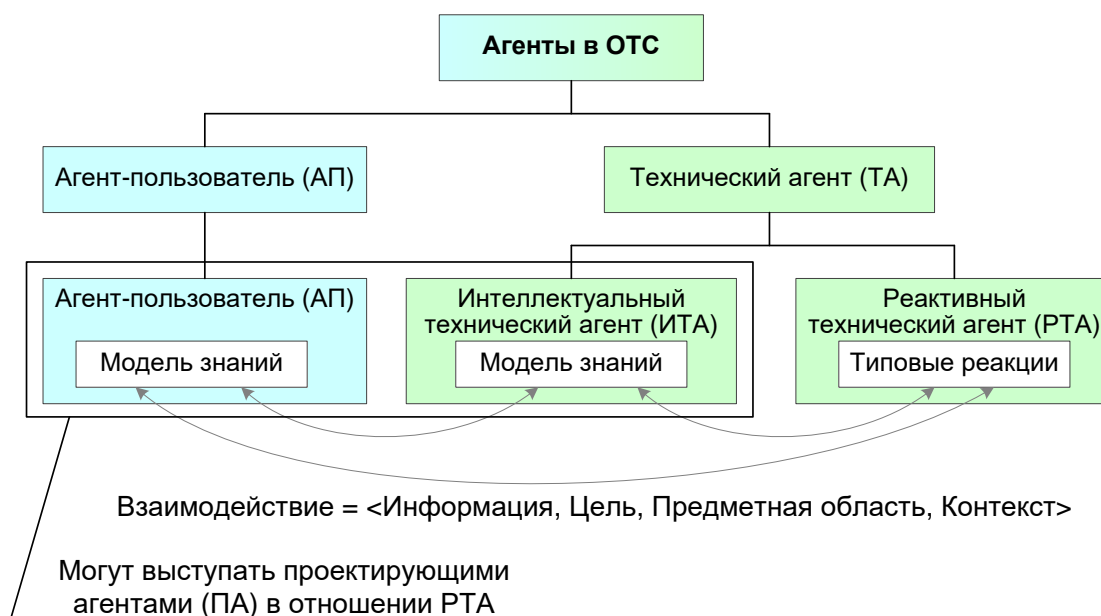


Рис. 3.2. Классификация агентов в модели семантической интероперабельности ОТС

При этом под понятием «интеллектуальная функция», которую могут выполнять как АП, так и ИТА понимается следующее.

*Интеллектуальная функция* – одна или совокупность нескольких функций, выполнение которых традиционно считаются прерогативой человека, а именно: осознание новых ситуаций; обучение и запоминание на основе предыдущего опыта; понимание и применение абстрактных концепций; познание и формирование знаний; использование знаний для решения проблем и управления окружающей средой.

Примером ИТА может являться подсистема принятия решений, функционирующее на основе искусственной нейронной сети, принимающей интеллектуальное решение о выборе той или иной стратегии действий на основе множества входных слабосвязанных между собой параметров.

### 3.1.2. Общая схема семантического взаимодействия агентов в ОТС

Схема семантического взаимодействия агентов на семантическом уровне интероперабельности, представлена на рис. 3.3. Данная схема, в самом обобщенном виде, описывает процесс взаимодействия агентов, их способность достигать единообразия в интерпретации информации, с учетом их целей, предметной области и контекста взаимодействия.

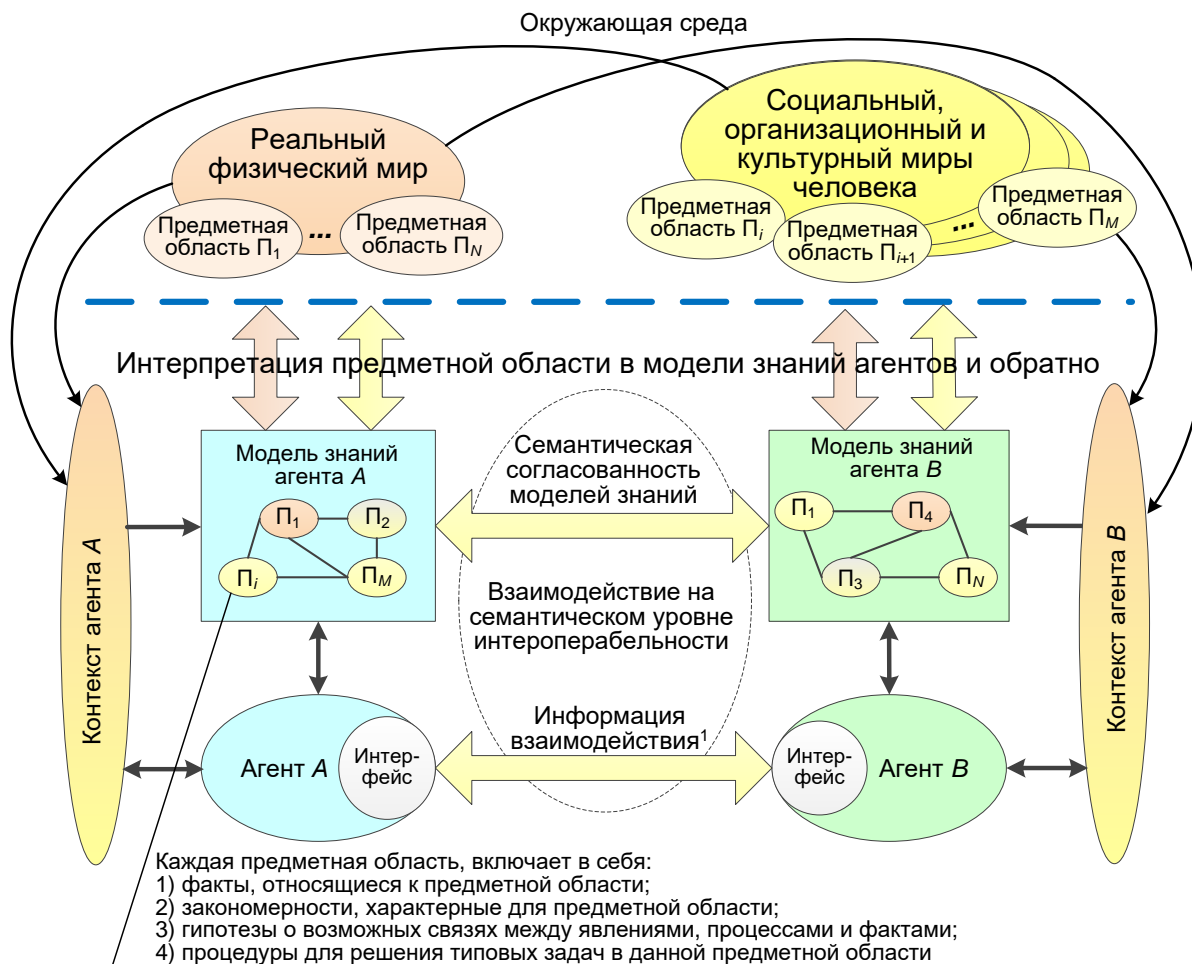


Рис. 3.3. Схема, семантического взаимодействия агентов

в рамках семантического уровня интероперабельности ОТС

Примечание на рисунке: <sup>1</sup> Взаимодействие = <Информация, Цель, Предметная область, Контекст>.

При построении схемы взаимодействия на семантическом уровне интероперабельности, целесообразно руководствоваться следующими основными принципами.

1) Взаимодействующие объекты в составе ОТС на семантическом уровне представляются в виде агентов. Агенты являются равноправными элементами системы. Каждый агент может быть классифицирован либо как АП, либо как ТА. Каждый агент определяется следующей совокупностью параметров (более подробно эти параметры будут рассмотрены далее):

- моделью знаний агента;

- информацией, которой агент обменивается с другими агентами в процессе взаимодействия;
- целью взаимодействия;
- предметной областью взаимодействия;
- контекстом взаимодействия.

2) Каждый АП при взаимодействии с другими АП представляет информацию либо в вербальной форме (речь), либо в знаково-символьной форме (данные в форме текста, таблиц, пиктограмм, рисунков), понятной другим людям. При этом само взаимодействие может происходить либо в режиме непосредственного личного общения, либо в режиме взаимодействия через технические средства передачи информации, обладающих соответствующим ЧМИ.

3) При взаимодействии АП с ТА, информация, как правило, представляется только в виде данных, представляющих собой: набор типовых команд, набираемых на клавиатуре; визуальные типовые сообщения, отображаемые на экране; звуковые сигналы или типовые речевые сообщения; переключение тумблеров и рычагов, которые задействуют визуальный, акустический и тактильный каналы восприятия АП [32]. При этом само взаимодействие АП с ТА осуществляется через ЧМИ ТА.

4) При взаимодействии ТА с ТА, информация, в подавляющем большинстве случаев, представляется только в виде данных – в формализованном знаково-символьном виде, пригодном для однозначной многократной интерпретации при формировании, сборе, хранении, передачи, обработки или представлении информации в информационных системах.

5) Каждый АП, как участник взаимодействия, формирует свою собственную модель знаний, как совокупность знаний о физическом и социальном мире, которые постоянно развиваются в результате взаимодействия как с реальным физическим миром, так и социальными мирами других людей.

6) ТА могут быть классифицированы как ИТА или РТА. Каждый из этих типов агентов обладает различными исходными возможностями для обработки информации взаимодействия в виде четверки <информация, цель, предметная область, контекст>, при этом степень обработки зависит от того, является ли интерпретация этих элементов явной, в соответствии с внутренней моделью знаний (для ИТА), или же неявной, проявляющейся только в типовых реакциях агента (для РТА).

7) Каждый ИТА формирует свою модель знаний, как производную от модели знаний АП и человеческих инженерных процессов, при этом конечные семантические представления в модели знаний ИТА имеют знаково-символьную форму – данные, которые проходят через множественные изменения, в процессе их формирования, передачи, хранения, обработки, взаимодействию с АП в ОТС.

8) Вся совокупность знаний агентов в ОТС может быть разделена на предметные области, где понятия, факты, явления этой области представлены в соответствии с их собственными моделями знаний и лексикой.

9) Контекст взаимодействия, обеспечивает оценку ситуации в плане применения и релевантности знаний конкретной предметной области для опреде-



лѐнной цели, например, он может включать знания о целях, ролях и возможностях агента, ключевых аспектах текущей ситуации и т. д. Контекст также определяет уровень детализации, необходимый для достижения цели, уточняет намерение агента в отношении использования знаний предметной области. Общий контекст между агентами может способствовать правильной интерпретации информации, которой обмениваются агенты.

10) Семантическая интероперабельность между агентами может быть основана на определении семантического взаимодействия, состоящего из четырех основных элементов:

Взаимодействие = <Информация, Цель, Предметная область, Контекст>.

В рамках схемы, представленной на рис. 3.3, можно выделить основные параметры, определяющие взаимодействие агентов. Эти основные параметры и их возможные значения представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные параметры, определяющие взаимодействие агентов на семантическом уровне интероперабельности

Параметры	Возможные значения параметров
Знания о физических параметрах окружающей среды	1) известны и определены как константы; 2) известны и являются переменными; 3) не определены
Знания о социально-психологических параметрах окружающей среды	
Классификация взаимодействующих агентов	
Классификация типов взаимодействия агентов	
Состояние агента и его контекст: цели, возможности, состояние окружающей среды, логика принятия решений, социальные и организационные роли и т.д.	
Знания агента в различных предметных областях	
Цели агента, выражаемые в вербальной или знаково-символьной форме	

Достижение семантической интероперабельности в ОТС в соответствии с четверкой параметров <информация, цель, предметная область, контекст> предполагает одновременного достижения:

- согласованности типа представления информационных сообщений (знаково-символьное, текстовое, речевое, визуальное, тактильное), их лингвистическую (на одном языке) и синтаксическую (формат сообщений) совместимость, ясности и однозначной интерпретируемости смысла сообщений;
- согласованности целей взаимодействующих агентов, либо, как минимум, согласованности их намерений;
- совместимости знаний в предметной области, в которой осуществляется взаимодействие, лингвистической, знаково-символьной (для данных) и вербальной (для речи) совместимости сообщений, которыми обмениваются агенты;

- согласованности контекстов взаимодействия, либо, как минимум, возможность одного агента правильно интерпретировать контекст другого агента.

В дальнейшем, процессы достижения семантической интероперабельности и информационного взаимодействия будут рассматриваться с учетом вышеуказанного мультиагентного представления ОТС.

## **3.2. Семантическая совместимость взаимодействия**

### **3.2.1. Общие особенности межагентного взаимодействия в ОТС**

Взаимодействие типов АП – АП, ТА – ТА, а также АП – ТА требует обмена сообщениями, несущими целевую информацию и состоящими из конечного набора понятий.

*Сообщение* – конечный набор данных, содержащий информацию о каком-либо отдельном факте, явлении или событии, который является базовой семантически-неделимой частью процесса передачи информации.

*Понятие* – отображённая в мышлении совокупность существенных свойств и отношений какого-либо предмета, явления или события реального мира, либо абстрактного объекта.

Понятия, из которых состоят сообщения, требуют семантической *интерпретации* – определения смысла понятий, используемых в сообщениях, выражения их смысла через уже известные понятия, содержащиеся в модели предметной области агента, где новые понятия уточняют значение сообщения, запроса, ответа, выражения или предложения, описывающего внешний мир или ситуацию.

Способности агентов понимать сообщения улучшается при их объединении в глобальную систему, и уменьшается при повышении уровня специализации агентов. Глобализация требует формирования набора универсальных понятий и правил их использования – универсального языка, одинаково интерпретируемого всеми агентами. В тоже время специализация приводит к формированию ограниченного набора «профессиональной» терминологии, которые слабо интерпретируются агентами, не обладающими нужной специализацией. Примером глобального языка АП может служить общеупотребительный базис английского языка, а примерами «профессиональной» терминологии АП – медицинская, инженерная или, юридическая лексика. Подробнее влияние лингвистики на семантическую интероперабельность рассмотрено в п. 3.2.4.1.

При взаимодействии АП – ТА и ТА – ТА количество понятий, используемых в сообщениях ограничено, а их использование – строго формализовано. Взаимодействия ТА – ТА и АП – ТА имеют дополнительную проблему – predetermined семантические понятия, созданные в ходе жизненного цикла ТА, теряются. Эта проблема усугубляется распространением различных типов технологий и связанных с ними специализированных понятий. В большинстве случаев АП должны изучить документацию к ТА, чтобы иметь возможность адекватно взаимодействовать с ними.

Развивая соответствующие материалы SCOPE-модели [63] можно сказать, что в общем случае взаимодействие между агентами на семантическом уровне интероперабельности может быть описано совокупностью четырех основных элементов:

Взаимодействие = <Информация, Цель, Предметная область, Контекст>.

При этом, каждый из агентов, а также взаимодействие между ними определяется следующей совокупностью параметров:

- моделью знаний агента (для АП и ИТА);
- информацией, которой обмениваются агенты;
- целью взаимодействия агентов;
- предметной областью взаимодействия;
- контекстом взаимодействия.

Только та информация, которая находится на взаимных пересечениях соответствующих моделей знаний, целей, предметных областей и контекстов взаимодействующих агентов, имеет шанс на корректную взаимно-согласованную семантическую интерпретацию (рис. 3.4).

Если взаимодействующие агенты имеют различия в их моделях знаний или различия в интерпретации информации, целей, понятий предметной области или контекста, то они не смогут достичь взаимно-согласованного понимания сообщений друг друга. В некоторых случаях их модели знаний, цели, предметные области и контекст могут перекрываться, обеспечивая низкий уровень общего понимания. Эта ситуация может привести к неадекватной интерпретации сообщений друг друга из-за вероятности достижения совершенно разных выводов в результате тонких различий в значении якобы сходных понятий, используемых в сообщениях.

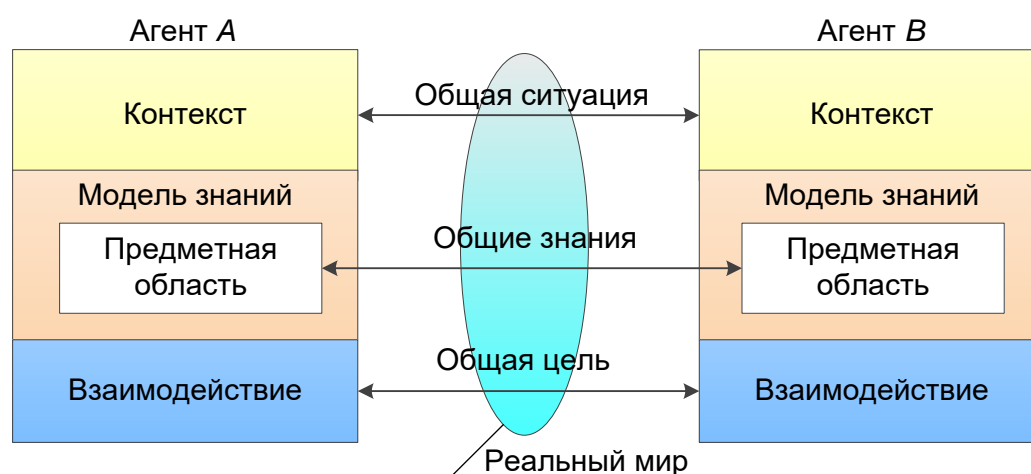


Рис. 3.4. Взаимно-согласованная семантическая интерпретация взаимодействия агентами

Акт взаимодействия агентов, как правило представляет собой обмен сообщениями, в вербальной (речь) или знаково-символьной форме (данные), содержащими определенные понятия. Вербальное (речевое) взаимодействие характерно для взаимодействия АП – АП, а знаково-символьное – для взаимодействий АП – ТА и ТА – ТА.

Сообщения, содержащее понятия в пределах конкретной предметной области, как правило, подчинены некоторой синтаксической и семантической форме, включающей правила грамматики, понятия и лексику для этой области, а также модель возможных высказываний или выражений, использующих эти понятия. Однако интерпретация смысла как отдельных понятий, так и сообщения в целом определяются моделью знаний, заложенной в агенте. Показатель «семантическая выразительность» будет определять различные уровни явной и неявной интерпретации смысла одних и тех же понятий и сообщений, а также их «эмоциональную окраску» в зависимости от контекста их использования и имеющийся у агента модели знаний. Например, сухой точный академический стиль сообщений имеет наивысший уровень семантической выразительности, но наименьший уровень эмоциональной окраски. В тоже время стиль ряда средств массовой информации, так называемой «желтой прессы», насыщенный двусмысленными выражениями и повествующий о каком-либо незначительном событии, может иметь низкий уровень семантической выразительности, но высокий уровень эмоциональной окраски.

Взаимодействие, в зависимости от явного или неявного представления той или иной составной его части (информации, цели, предметной области, контекста), а также параметров агентов (их моделей знаний), можно классифицировать следующим образом по мере убывания степени семантической интероперабельности взаимодействия – таблица 3.2.

Таблица 3.2 – Классификация взаимодействий по степени их семантической интероперабельности

Степень семантической интероперабельности взаимодействия	Взаимодействие между агентами	
	Явные параметры	Неявные параметры
Наивысшая степень семантической интероперабельности	цели агентов; предметные области агентов; контексты агентов; модели знаний агентов	–
Высокая степень семантической интероперабельности	цели агентов; контексты агентов; модели знаний агентов	предметные области агентов
Средняя степень семантической интероперабельности	контексты агентов; модели знаний агентов	цели агентов; предметные области агентов
	цели агентов; предметные области агентов	контексты агентов; модели знаний агентов
Низкая степень семантической интероперабельности	предметные области агентов	цели агентов; контексты агентов; модели знаний агентов
	цели агентов	предметные области агентов; контексты агентов; модели знаний агентов
Наименьшая степень семантической интероперабельности	–	цели агентов; предметные области агентов; контексты агентов; модели знаний агентов

### 3.2.2. Основные составляющие взаимодействия агентов

Как указано выше, в общем случае, взаимодействие между агентами на семантическом уровне интероперабельности может быть описано совокупностью четырех основных элементов:

Взаимодействие = <Информация, Цель, Предметная область, Контекст>.

При этом, каждый из агентов, а также взаимодействие между ними определяется следующей совокупностью параметров:

- моделью знаний агента (для АП и ИТА);
- информацией, которой обмениваются агенты;
- целью взаимодействия агентов;
- предметной областью взаимодействия;
- контекстом взаимодействия.

Рассмотрим эти параметры более подробно.

#### 3.2.2.1. Модель знаний агента

*Знания* – совокупность информации о некоторой предметной области, хранящихся в формально-упорядоченном виде и пригодной для решения какой-либо задачи или достижения определенной цели; проверенный практикой и удостоверенный логикой результат познания действительности, отраженный в виде представлений, понятий, суждений и теорий.

В упрощенном виде можно сказать, что знания являются упорядоченной информацией, пригодной для решения конкретных задач или достижения определенной цели.

*Модель знаний* – структура логически и семантически взаимосвязанных знаний об одной или нескольких взаимосвязанных предметных областях, включающая в себя (рис. 3.5):

- а) факты, относящиеся к предметной области;
- б) закономерности, характерные для предметной области;
- в) гипотезы о возможных связях между явлениями, процессами и фактами;
- г) процедуры для решения типовых задач в данной предметной области.

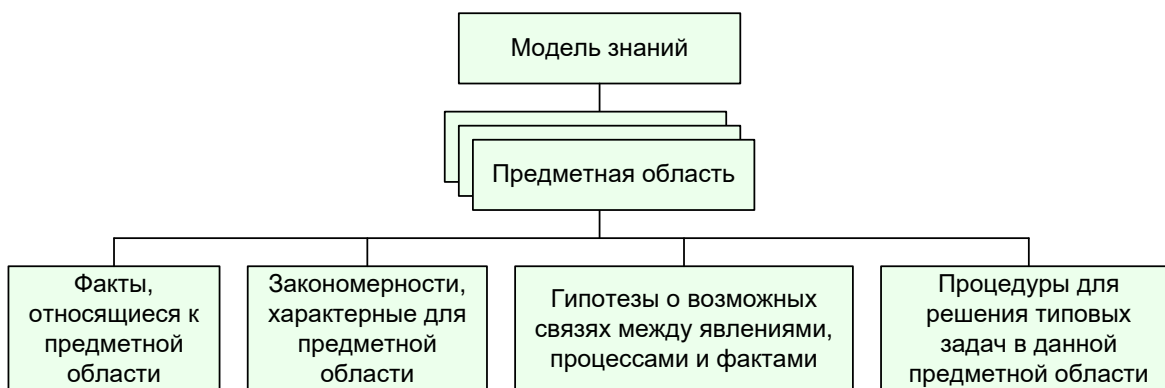


Рис. 3.5. Структура модели знаний агента

Модель знаний агента содержит явные или неявные подмножества знаний о реальном физическом и социальном мире, представленные в виде совокупности подмножеств предметных областей. Успешность взаимодействия агентов в значительной степени зависит от единообразия интерпретации смысла сообщений, которыми они обмениваются. Модель знаний агента и содержащиеся в ней понятия в различных предметных областях определяют сообщения, которые агент понимает и может передавать при взаимодействии с другими агентами. Модель знаний присутствует в агентах типа АП и ИТА, а в агентах типа РТА – отсутствует.

Знания о реальном физическом и социальном мире, представленные в виде совокупности подмножеств предметных областей, можно разделить на (рис. 3.6):

- *явные знания* – знания, которые могут быть представлены в виде какой-либо формализованной модели знаний, которые относительно легко могут быть передано другим агентам (АП или ИТА).
- *неявные знания* – знания, которые трудно формализовать, представить, выразить или извлечь, и, следовательно, их трудно передать другим агентам в каком-либо формализованном виде. Неявные знания характерны только для модели знаний АП и могут включать: личную мудрость, опыт, проницательность и интуицию.

Успешность взаимодействия агентов в значительной степени зависит от единообразия интерпретации смысла сообщений, которыми они обмениваются. Модель знаний агента и содержащиеся в ней понятия в различных предметных областях определяют сообщения, которые агент понимает и может передавать при взаимодействии с другими агентами. Здесь и далее под агентом понимается ТА, обладающий собственной моделью знаний – ИТА.

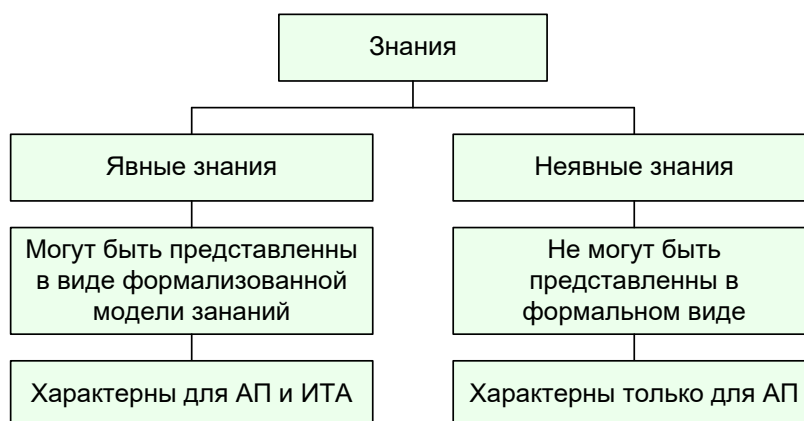


Рис. 3.6. Явные и неявные знания

Предметные области в модели знаний характеризуется индивидуальным набором понятий, законов, фактов, объектов и связей между ними. В общем случае знания, содержащейся в модели знаний, могут быть двух видов [104]:

- 1) *процедурные знания* – последовательность действий, которое может использоваться при решении задач, достижения определенной цели и

получении новых знаний (процедурные знания могут быть реализованы, например, в виде совокупности программ);

- 2) *декларативные знания* – знания в форме описания фактов, событий или явлений к которым носитель знания имеет осознанный доступ и которое он может декларировать – т.е. изложить в вербальной (языковой) или знаково-символьной (письменной) форме.

Модель знаний ИТА может быть моделью одного типа или комбинацией нескольких типов (рис. 3.7) [104]:

- продукционная модель знаний;
- модель знаний типа «семантическая сеть»;
- фреймовая модель знаний;
- логическая модель знаний;
- псевдофизическая модель знаний.

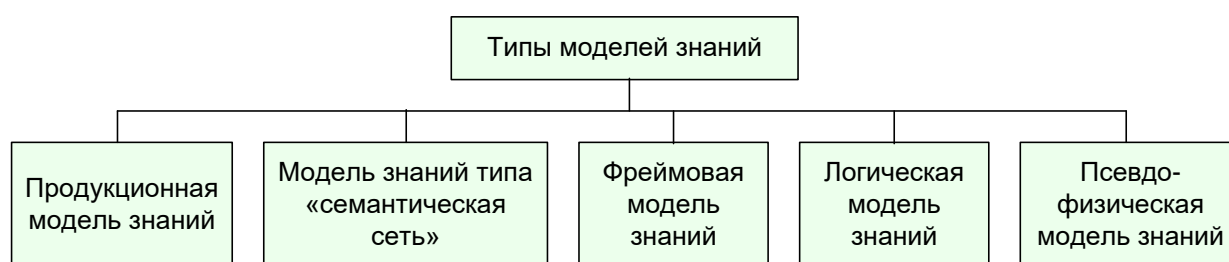


Рис. 3.7. Типы модели знаний ИТА

Продукционная модель знаний представляет собой совокупность продукций (правил) вида:

ЕСЛИ <условие>, ТОГДА <действие>.

Продукция состоит из двух частей – условие и действие. При этом условия и действия можно сочетать с помощью логических функций И, ИЛИ, НЕ. Условия и действия продукций формируются из атрибутов и значений. Продукция срабатывает, если при сопоставлении фактов, содержащихся в базе знаний с условием, которое подвергается проверке, имеет место совпадение [104].

Модель знаний типа «семантическая сеть» представляет собой ориентированный граф, где вершинам соответствуют конкретные объекты предметной области, а дугам – отношения между ними [104].

Фреймовая модель знаний описывает знания в виде совокупности фреймов, связанных между собой иерархической или сетевой структурой отношений. Фрейм – структура, в виде совокупности атрибутов, описывающая объект или понятие предметной области, которая может рассматриваться и обрабатываться обособленно от других объектов или понятий [104].

Логическая модель знаний представляет собой формальную систему, в которой все знания о предметных областях описываются в виде формул алгебры логики (логики предикатов) или правил вывода. Параметры в логических выражениях соответствуют декларативным знаниям, а правила вывода (логические выражения) – процедурным знаниям. Подразумевается, что существует конечное, не пустое множество объектов предметной области. На этом множестве с помощью логических выражений установлены связи между объектами. В

свою очередь на основе этих связей строятся все закономерности и правила предметной области [104].

Псевдофизическая модель знаний соответствует логической модели знаний основанной на нечеткой логике – использовании в качестве параметров логические выражения нечетких переменных, а также дополнении логических выражений операциями нечеткого вывода [104].

Современное развитие методов формирования моделей знаний ИТА, предоставляют средства для оперативной формализации и размножения множества понятий и знаний, различного уровня семантической выразительности. Причем наивысший уровень семантической выразительности дает формализация понятий в виде онтологий и метаданных.

### 3.2.2.2. Информация, которой обмениваются агенты

При взаимодействии друг с другом агенты обмениваются информацией в форме дискретных сообщений.

*Сообщение* – конечный набор информации/данных/знаний, содержащий информацию о каком-либо отдельном факте, явлении или событии, который является базовой семантически-неделимой частью процесса передачи информации.

Основными типами информационных сообщений являются:

- *данные* – поддающееся многократной интерпретации представление информации в формализованном знаково-символьном виде, пригодном для формирования, сбора, хранения, передачи, обработки или представления в информационных системах. Среди данных отдельно различают:
  - *команды* – данные, передаваемые от агента-источника к агенту-реципиенту в интересах побуждения последнего совершить определенные действия;
  - *донесения* – данные, передаваемые от агента-источника к агенту-реципиенту с докладом о выполнении каких-либо команд или задач, достижения определенной цели или в интересах доведения до агента-реципиента каких-либо ранее запрошенных им сведений. Как правило при передаче донесений, агент-реципиент и агент-источник состоят между собой в отношении аналогичных отношениям «орган управления» – «управляемый объект»;
  - *сведения* – данные о фактах, явлениях или событиях, характеризующие кого-либо или что-либо;
  - *семантические выражения* – данные, отражающие логическую связь между фактами, процессами и явлениями, а также возможности применения информации для решения практических задач. Семантические выражения могут быть использованы для передачи знаний между агентами и расширения их моделей знаний;
- *визуальные сообщения* – информация, усваиваемая АП посредством органов зрения путем считывания и обработки зрительных образов, их



движения, а также информации, представленный в знаково-символьном виде [32];

- *речевые (вербальные) сообщения* – информация, как правило, представляющая собой семантически завершенные лексические выражения на естественном языке, передаваемая в речевом виде и усваиваемая АП посредством органов слуха [32];
- *акустические сообщения (звуковые сигналы)* – информация, как правило, представляющая собой акустические сигналы различной частоты и длительности звука, усваиваемая АП посредством органов слуха [32];
- *тактильные сообщения* – информация, усваиваемая АП посредством органов осязания путем считывания и обработки информации о положении или движении предмета в пространстве, о его форме, размерах, качестве поверхности и материалов, наличие обратной связи позволят судить о твердости предметов их сопротивляемости приложению усилия [32].

Для правильной интерпретации агентами смысла информации в сообщениях важным является:

- *синтаксическая совместимость* – совместимость правил построения сообщений в языке, позволяющий строить, осмысленные предложения и сообщения в этом языке (здесь имеется ввиду не только естественный язык, но и формальные языки представления данных и языки программирования);
- *лингвистическая совместимость* – совместимость закономерностей структуры и функционирования различных языков, позволяющая производить преобразования сообщений одного языка в сообщения на другом языке без потери смысла.

Подробно влияние синтаксической и лингвистической совместимости на интерпретацию смысла информационных сообщений рассмотрено в п. 3.2.4.1.

Тип и форма информационных сообщений существенно различаются в зависимости от того агенты каких типов взаимодействуют между собой.

При непосредственном взаимодействии АП – АП они обмениваются в основном речевыми (вербальными) сообщениями. Таким сообщениям свойственен передача как явной, так и неявной информации (при использовании двусмысленных сообщений, содержащих подтекст), а также значимое влияние на восприятие таких сообщений лингвистических, контекстных, культурных, национальных и других параметров, которые более подробно рассмотрены в п. 3.2.4, 3.2.5, 3.3 и 3.4.4 данной работы. При взаимодействии АП – АП посредством ТС связи важную роль играет ЧМИ этих ТС. Вопросы взаимодействия АП – АП через ЧМИ подробно рассмотрены в работе [32].

При взаимодействии АП – ТА в направлении АП → ТА, как правило, поступают формализованные команды, формируемые через ЧМИ. Они представляют собой команды-данные, реже – речевые команды или команды, передаваемые через тактильные сообщения (переключение тумблеров, изменение пространственного положения рычагов и манипуляторов). В обратном направлении ТА → АП поступают донесения о выполнении команд, сведения о контек-

сте, об обстановке, о состоянии ТА. Надо также отметить, что и при взаимодействии АП – ТА важную роль играет ЧМИ этих ТА. Вопросы взаимодействия АП – ТА через ЧМИ также подробно рассмотрены в работе [32].

При взаимодействии ТА – ТА важен тип этих ТА: ИТА или РТА.

При взаимодействии ИТА – ИТА агенты обмениваются семантическими выражениями, представляющими собой формализованные части их моделей знаний, в интересах расширения моделей знаний друг друга. Обмен такими семантическими выражениями позволяет избежать этапов интерпретации, трансляции и встраивания поступающих информационных сообщений в свою модель знаний, а вести обмен информацией на более высоком абстрактном уровне взаимно дополняя модели знаний друг друга. Если ИТА имеют модели знаний разного типа (например, продукционная модель знаний и фреймовая модель знаний) то для обмена семантическими выражениями требуется «транслятор», выполняющий преобразование семантических выражений, характерных для одного типа модели знаний, в другой. Если ИТА решают общую задачу и один из них является «ведущим» (органом управления), а другой «ведомым» (управляемым объектам), то в направлении ИТА-ведущий → ИТА-ведомый поступают формализованные команды и сведения, важные для решения текущей задачи, а в обратном направлении ИТА-ведомый → ИТА-ведущий поступают донесения о выполнении команд, сведения о контексте, об обстановке, о состоянии ИТА. Более подробные сведения об особенностях взаимодействия ИТА – ИТА представлены в п. 3.2.3.1 данной работы.

При взаимодействии ИТА – РТА обладающий более «продвинутым» интеллектом должен взять на себя функции оценки, прогнозирования отклика от РТА в виде типовых реакций типа «входная информация – реакция», а также преобразования своих, более сложных сообщений, в более простые, которые могут интерпретироваться РТА. Для прогнозирования отклика от РТА и адаптации своих сообщений, ИТА должен задействовать свою модель знаний. ИТА является «ведущим» (органом управления) при таком взаимодействии, а РТА – «ведомым» (управляемым объектам). В направлении ИТА → РТА поступают формализованные команды и сведения, важные для решения текущей задачи, а в обратном направлении РТА → ИТА поступают донесения о выполнении команд, сведения о контексте, об обстановке, о состоянии РТА. Более подробные сведения об особенностях взаимодействия ИТА – РТА представлены в п. 3.2.3.2 данной работы.

При взаимодействии РТА – РТА, как правило они либо просто обмениваются сведениями, в целях поддержания общего актуального информационного состояния, либо выполняют общую задачу. Если РТА решают общую задачу и один из них является «ведущим» (органом управления), а другой «ведомым» (управляемым объектам), то в направлении РТА-ведущий → РТА-ведомый поступают формализованные команды и сведения, важные для решения текущей задачи, а в обратном направлении РТА-ведомый → РТА-ведущий поступают донесения о выполнении команд, сведения о контексте, об обстановке, о состоянии РТА. Более подробные сведения об особенностях взаимодействия РТА – РТА представлены в п. 3.2.3.3 данной работы.

В целом, к информации, передаваемой в процессе взаимодействия агентов всех видов, предъявляются следующие основные требования [105, 149, 155, 156]:

- *полезность информации* – свойство информации быть использованной в интересах решения задач пользователя;
- *ценность информации* – способность информации уменьшать неопределённость знания о целевом объекте или явлении;
- *объективность информации* – независимость информации от чьего-либо мнения или сознания, а также от методов ее получения;
- *подлинность информации* – достоверность утверждения о происхождении или авторстве информации;
- *актуальность информации* – степень соответствия информации текущему моменту времени;
- *достоверность информации* – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления;
- *точность информации* – степень неопределенности информации находится в допустимых пределах, а значения количественных или качественных параметров в пределах допустимой погрешности;
- *адекватность информации* – уровень соответствия, создаваемого с помощью полученной информации образа, реальному объекту, процессу или явлению;
- *аутентичность информации* – свойство, гарантирующее, что заявленные характеристики информации являются подлинными;
- *полнота информации* – состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения.

Кроме вышеуказанных требований, при ведении информационного взаимодействия агентов должна обеспечиваться информационная безопасность (подробнее этот аспект более полно рассмотрен в п. 4.5 данной работы).

*Безопасность информации* – состояние защищенности информации, при котором обеспечены ее конфиденциальность, доступность и целостность, а также другие свойства информационной безопасности.

*Информационная безопасность* – это состояние, при котором обеспечивается конфиденциальность, целостность и доступность информации [105]:

- *конфиденциальность информации* – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на это право;
- *доступность информации* – состояние информации (ресурсов информационной системы), при котором субъекты, имеющие права доступа к информации, могут реализовывать их беспрепятственно;
- *целостность информации* – состояние информации, при котором обеспечивается ее достоверность и полнота.

Кроме вышеуказанных требований к информации вообще, к информации, представляемой именно посредством ЧМИ, при организации взаимодействий АП – ЧМИ – ТА... – ТА – ЧМИ – АП и АП – ЧМИ – ТА, предъявляются следующие дополнительные требования [32]:

- *распознаваемость информации* – информация может быть точно интерпретируема пользователем;
- *понятность информации* – смысл информации ясен, недвусмыслен и легко понимаем;
- *четкость информации* – содержание информации передается быстро и точно;
- *лаконичность информации* – пользователю предоставляется только та информация, которая необходима для выполнения целевой задачи;
- *постоянство информации* – одинаковая информация представляется одинаковым образом во всех ЧМИ, при этом форма представления соответствует ожиданиям пользователей;
- *обнаруживаемость информации* – акцентирование внимания пользователя на требуемую, важную или срочную информацию;
- *разборчивость информации* – информационные сообщения легко и четко принимаются по каналам восприятия пользователя.

### 3.2.2.3. Цель взаимодействия агентов

Взаимодействие агентов, обусловлено необходимостью достижения какой-либо цели или решения целевой задачи.

*Цель* – это идеальное предвосхищение результата деятельности, зависящее от объективных законов действительности, реальных возможностей агента и применяемых им средств для ее достижения.

Цель может пониматься в широком и в узком смысле.

В широком смысле, цель – это результат деятельности агента или их совокупности на которое направленно сама суть организации их взаимодействия. В широком смысле целью может быть организация управления сложной системой, перераспределение ресурсов системы между агентами, координация совместной деятельности агентов для решения общей задачи и т.д. Возможны случаи, когда взаимодействуют агенты, имеющие полностью совместимые (эквивалентные) модели знаний, предметные области и контексты, но различные цели. Такие агенты могут интерпретировать одни и тоже сообщения, и сам акт взаимодействия, принципиально по-разному. Несовместимость целей агентов, в широком смысле – это, как правило, фундаментальное препятствие на пути их успешного взаимодействия.

В узком смысле, цель – это локальная необходимость организации конкретного сеанса взаимодействия (обмена сообщениями) между конкретными агентами. Основные узкие цели взаимодействия представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Классификация узких целей взаимодействия агентов

Типы целей агента	Описание цели
Информирование	Агент делится своими знаниями об складывающейся ситуации, окружающем мире, действиях других агентов
Запрос	Агент запрашивает другого агента поделится своими знаниями об складывающейся ситуации, окружающем мире, действиях других агентов
Призыв к действию	Агент запрашивает другого агента совершить какое-либо действие

Типы целей агента	Описание цели
Обязательство	Агент берет на себя обязательство выполнить какое-либо действие
Оповещение	Агент информирует о некотором своем внутреннем состоянии, или состоянии внутреннего процесса
Подтверждение	Агент подтверждает или опровергает полученное предложение от другого агента
Заявление	Выражает некоторые изменения в положении дел. Пример – заявление «агент А теперь отключен»

#### 3.2.2.4. Предметная область взаимодействия

Данный аспект соответствует требованию о том, что при передаче основной информации используемые понятия и термины должны находиться в общей для взаимодействующих агентов предметной области.

*Предметная область* – множество всех предметов как какой-либо части реального физического мира, так и социального, организационного мира человека, свойства которых и отношения между которыми изучаются, рассматриваются и интерпретируются.

*Совместимость понятий и знаний предметной области* – это наличие одинаковых или эквивалентных определений понятий в предметных областях моделей знаний взаимодействующих агентов.

За последние десятилетия было проведено значительное количество исследований, направленных на изучение того, как люди общаются, используют язык, создают знания о мире, классифицируют известные и формируют новые понятия. На основе этих работ можно сделать вывод, что процессы формирования понятий и их семантических определений в каждой конкретной предметной области могут быть строго формализованы. Такая формализация позволяет сформировать искусственные языки, в которых новые понятия вводятся путем объединения совокупности уже известных понятий и отношений между ними, на основе одного из подходов формирования моделей знаний (продукционный подход; «семантическая сеть»; фреймовый подход; логический подход; псевдофизический подход). Новые понятия должны обладать уникальностью и высокой частотой использования.

В настоящее время формирование новых понятий преимущественно основано на использовании языков онтологий, таких как RDF (Resource Description Framework – среда описания ресурса) и OWL (Web Ontology Language – сетевой язык онтологии). Компьютерное общество IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) приняло набор стандартов FIPA17, который включает семантику языка коммуникации агентов ACL (Agent Communication Language) – эквивалент для определения семантики для взаимодействия, с целевыми намерениями.

В целом на совместимость предметных областей агентов существенную роль оказывают синтаксическая и лингвистическая совместимости. Более подробно их роль и особенности при обеспечении семантической интероперабельности рассмотрены в п. 3.2.4.1 и 3.2.4.2.

### 3.2.2.5. Контекст взаимодействия

Под *контекстом* понимаются обстоятельства, от которых зависит восприятие информации; совокупность фактов и обстоятельств, в окружении которых происходит какое-либо событие, существует какое-либо явление, какой-либо объект.

Контекст помогает правильно интерпретировать основную информацию, содержащуюся в сообщениях взаимодействующих агентов. Рассматривают следующие типы контекста:

- временной контекст;
- геопространственный контекст;
- ситуативный контекст;
- предметный контекст;
- дополнительная информация;
- мультиагентный контекст.

Более подробно содержание этих контекстов и их особенности будут рассмотрены далее в п. 3.3.

### 3.2.3. Особенности взаимодействия и семантическая совместимость технических агентов

Ввиду высокой практической важности организации в ОТС взаимодействия именно ТА, рассмотрим этот вопрос более подробно. Опуская из рассмотрения вопросы взаимодействия АП и переходя к анализу взаимодействия ТА, можно сформулировать 3 типовых варианта их взаимодействия:

- взаимодействие интеллектуальных агентов между собой (взаимодействие ИТА – ИТА);
- взаимодействие интеллектуального технического агента с реактивным агентом (взаимодействие ИТА – РТА);
- взаимодействие реактивных технических агентов (взаимодействие РТА – РТА).

Рассмотрим эти типовые варианты более подробно.

#### 3.2.3.1. Взаимодействие интеллектуальных агентов

При взаимодействии ИТА – ИТА, каждый из агентов активно задействует свою внутреннюю модель знаний и аппарат когнитивной обработки данных для интерпретации четверки: <информация, цель, предметная область, контекст>. Семантическая интероперабельность во взаимодействии ИТА – ИТА обеспечивается до тех пор, пока цели агентов совпадают, предметная область и контекст взаимодействия совместимы между собой, а также пока при передаче данных используются сообщения, обладающие лингвистической совместимостью. Схема шаблона взаимодействия ИТА – ИТА представлена на рис. 3.8.

Определим особенности параметры четверки семантического взаимодействия < информация, цель, предметная область, контекст >, а также особенности функционирования внутренних элементов агента (модель знаний, когнитивная обработка данных, интерфейс), характерные для шаблона взаимодействия ИТА – ИТА.

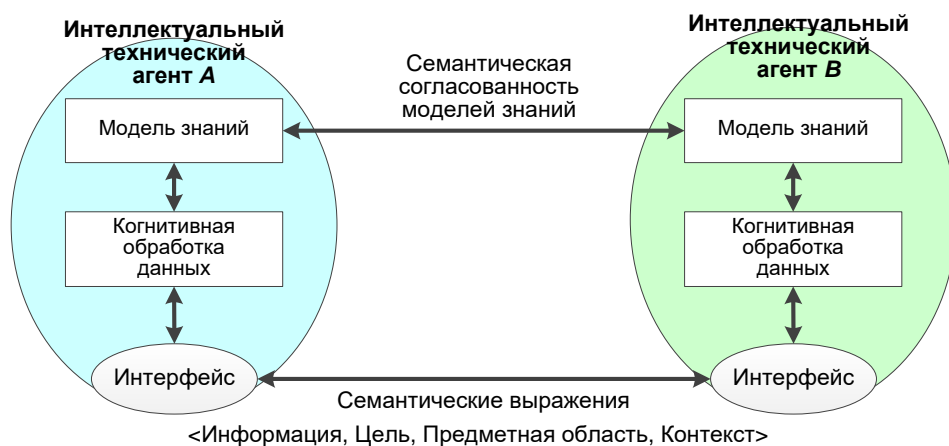


Рис. 3.8. Шаблон взаимодействия ИТА – ИТА

*Информация:* агенты могут обмениваться семантическими выражениями, представляющими собой формализованные части их моделей знаний, в интересах расширения моделей знаний друг друга. Обмен такими семантическими выражениями позволяет избежать этапов интерпретации, трансляции и встраивания поступающих информационных сообщений в свою модель знаний, а вести обмен информацией на более высоком абстрактном уровне взаимно дополняя модели знаний друг друга. Если ИТА имеют модели знаний разного типа (например, продукционная модель знаний и фреймовая модель знаний) то для обмена семантическими выражениями требуется «транслятор», выполняющий преобразование семантических выражений, характерных для одного типа модели знаний, в другой.

*Цель:* семантическая интерпретация цели ИТА должны совпадать, либо быть различными, но на этапе организации взаимодействия ИТА могут быть полезными друг другу в достижении своих целей. Совместимость по целям, может быть согласована в определенном контексте.

*Предметная область:* каждый ИТА может участвовать в взаимодействии с другими ИТА, состоящими в различных сообществах интересов, при этом каждое такое сообщество соответствует определенной предметной области. Модели предметной области в модели знаний каждого ИТА содержат специфические знания, факты, терминологию, которые используются для формирования поведения ИТА и интерпретации смысла семантических выражений в этой области. Модели предметной области в составе модели знаний ИТА обычно обновляются через взаимодействие с другими агентами и с окружающей средой.

*Контекст:* при реализации одного и того же взаимодействия, его контекст в плане места, времени, обстоятельств взаимодействия может быть различным. Более того один и тоже ИТА в зависимости от изменения контекста может вести себя в соответствии с различными ролями, иметь разные возможности, предположения о требованиях к взаимодействию и другие контекстные предположения, ограничивающие семантическую интерпретацию взаимодействия. Для АП контекст является частью общей организационной и социальной модели, в то время как для ИТА контекст может быть либо неявным (неопреде-

лённым), либо явным, задаваемым через контекстные модели, реализующие обработку семантических выражений и их интерпретацию в модель знаний агента с учетом контекста.

*Интерфейс ИТА и когнитивная обработка данных:* семантические выражения, которыми обмениваются ИТА должны быть лингвистически совместимы. Если ИТА обмениваются не данными, а вербальными (речевыми) сообщениями то, когнитивная обработка данных должна предусматривать функции распознавания речи. Язык и семантические выражения, используемые для взаимодействия между ИТА, интерпретируются каждым агентом в блоке когнитивной обработки, а результаты обработки передаются во внутреннюю модель знаний. Семантические выражения, должны иметь тесную семантическую связь с языком, используемым для представления знаний во внутренней модели. Язык разных ИТА не обязательно должен быть одинаковым, но сообщения на разных языках он должен быть однозначно семантически интерпретируемыми за счет когнитивной обработки в модель знаний.

Семантическая интероперабельность при взаимодействии ИТА – ИТА может принимать следующие значения:

- семантическая совместимость между ИТА достигнута;
- семантическая совместимость между ИТА не достигнута.

### 3.2.3.2. Взаимодействие интеллектуального агента с реактивным агентом

При взаимодействии ИТА – РТА, ИТА обладающий более «продвинутым» интеллектом должен взять на себя функции оценки, прогнозирования отклика от РТА в виде типовых реакций типа «входная информация – реакция», а также преобразования своих, более сложных сообщений, в более простые, которые могут интерпретироваться РТА. Для прогнозирования отклика от РТА и адаптации своих сообщений, ИТА должен задействовать свою модель знаний. Таким образом ИТА в отношении РТА является своеобразным ПА. Как правило, семантика взаимодействий и реакции РТА определяется ПА, где семантика РТА в виде «входная информация – реакция» обычно представлены в виде документации на РТА. Схема шаблона взаимодействия ИТА – РТА представлена на рис. 3.9.

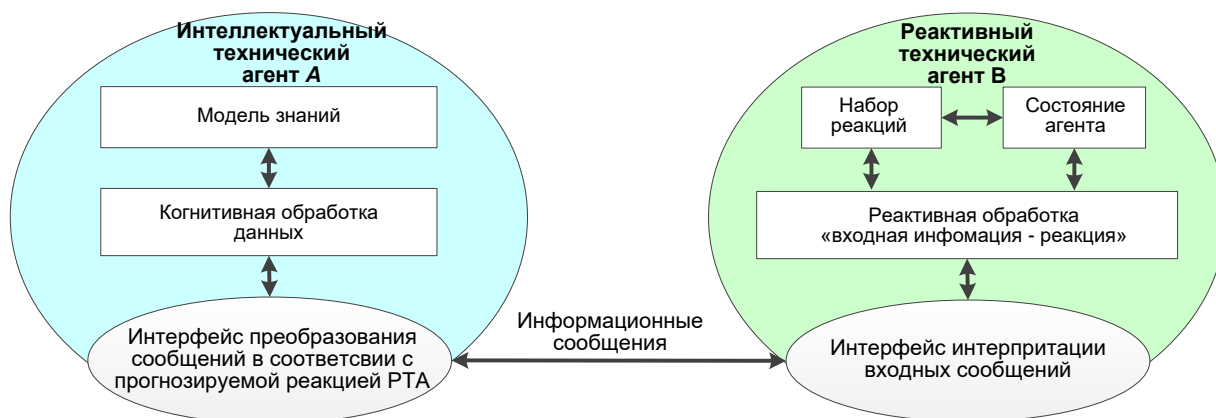


Рис. 3.9. Шаблон взаимодействия ИТА – РТА



Определим особенности параметров четверки семантического взаимодействия < информация, цель, предметная область, контекст >, а также особенности функционирования внутренних элементов РТА и ИТА, характерные для шаблона взаимодействия ИТА – РТА.

*Информация:* агенты обмениваются конечным набором информационных сообщений в строго формализованном знако-символьном виде определённого формата, однозначно интерпретируемого обоими участниками взаимодействия. Как правило, в направлении ИТА → РТА передаются команды и сообщения дополнительного информационного обеспечения, а в обратном направлении РТА → ИТА – сообщения о выполнении команд, информация о реакциях РТА и о сопутствующих обстоятельствах (контекст).

*Цель:* цель взаимодействия ИТА – РТА полностью определяются и подчиненно цели ИТА. ИТА формирует входную информацию и отклик от РТА таким образом, чтобы приблизить достижение своей цели. У РТА нет какой-либо своей цели, и цель взаимодействия каждый раз определяется целью того ИТА с которым сейчас взаимодействует РТА.

*Предметная область:* ИТА, организуя взаимодействие с РТА, должен в своей модели знаний в конкретной предметной области, предполагать реакции РТА и формировать входные сообщения для РТА таким образом, чтобы обеспечить его необходимую реакцию. Как правило, РТА реализует какую-то определенную функцию или выдачу реакций в одной или в нескольких смежных предметных областях.

*Контекст:* ИТА организуя взаимодействие с РТА должен учитывать контекст взаимодействия, как со стороны ИТА, так и со стороны РТА. Как правило, РТА для ИТА не может формировать каких-либо расширенных данных о контексте взаимодействия, кроме самых простейших, которые могут быть определены техническими датчиками: время, место, физические параметры окружающей среды (температура, освещенность, скорость движения агентов и т.д.).

*Реактивная обработка «входная информация – реакция» в РТА:* поведение РТА не диктуется моделью знания, как в ИТА, а основано на наборе типовых реакций и собственном состоянии, которые задаются ПА, которые используется РТА для определения своих действий.

*Интерфейс РТА:* Каждый РТА может реагировать только на конечный набор сообщений на своем интерфейсе. Каждое сообщение в составе входной информации соответствует определенной прогнозируемой реакции РТА, в зависимости от его состояния. Сообщения, формируемые ИТА, должны быть лингвистически и семантически адаптированы к интерфейсу РТА.

Семантическая интероперабельность при взаимодействии ИТА – РТА может принимать следующие значения:

- двухсторонняя семантическая совместимость между ИТА – РТА достигнута;
- односторонняя семантическая совместимость между ИТА → РТА достигнута (при этом семантическое взаимодействие по обратному каналу РТА → ИТА не требуется);
- семантическая совместимость между ИТА – РТА не достигнута.

### 3.2.3.3. Взаимодействие реактивных агентов

При взаимодействии РТА–РТА, единственным объектом, задающим логику взаимодействия РТА между собой, является ПА. ПА закладывает в каждого РТА свой собственный набор состояний и набор реакций, в соответствии с которыми РТА формируют отклики типа «входная информация – реакция». В качестве такого ПА могут выступать как АП, так и ИТА. Для формирования семантики взаимодействия РТА-РТА и прогнозирования их отклика, ПА должен использовать свою модель знаний об окружающем мире и на основе когнитивной обработки сформировать сценарии будущего взаимодействия РТА между собой. Схема шаблона взаимодействия РТА – РТА представлена на рис. 3.10.

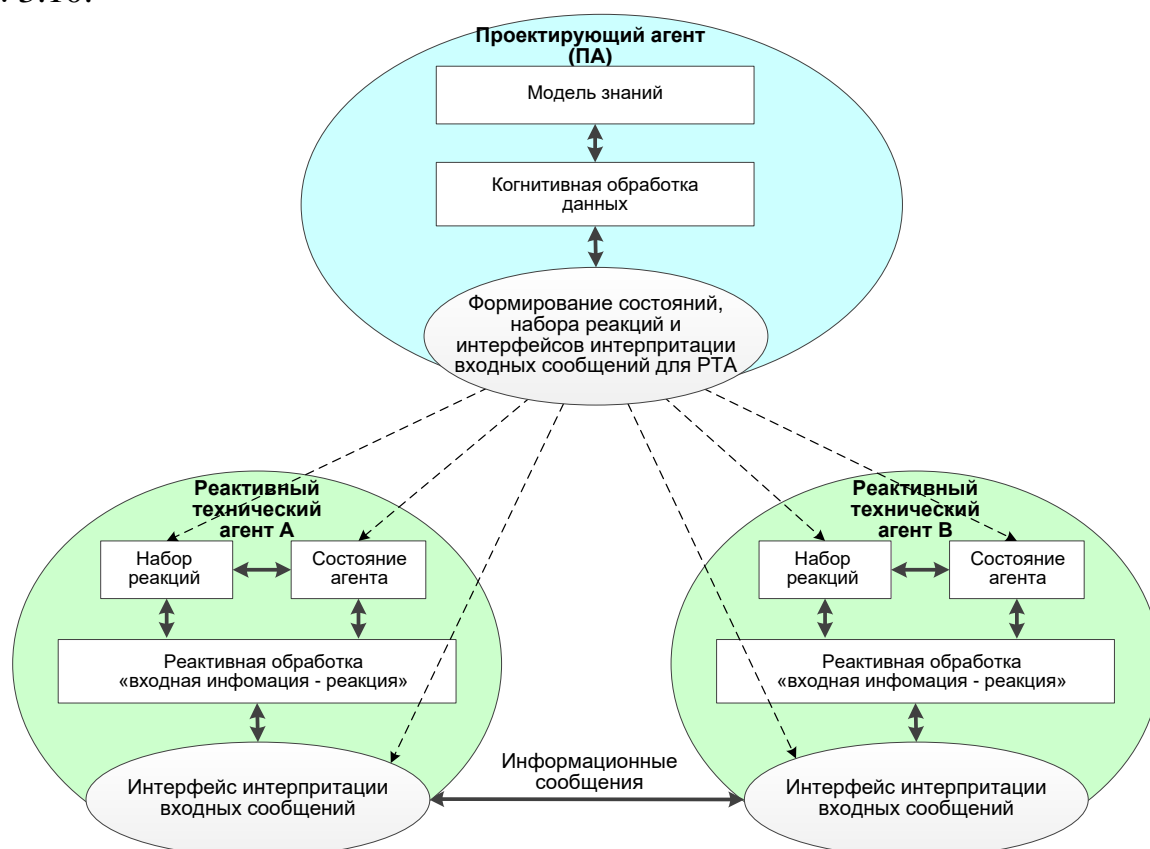


Рис. 3.10. Шаблон взаимодействия РТА – РТА

Определим особенности параметры четверки семантического взаимодействия < информация, цель, предметная область, контекст >, а также особенности функционирования внутренних элементов РТА и ПА, характерные для шаблона взаимодействия РТА – РТА.

*Информация:* агенты обмениваются конечным набором информационных сообщений в строго формализованном знако-символьном виде определённого формата, однозначно интерпретируемого обоими участниками взаимодействия. Данные сообщения носят командный характер и предполагают однозначные отклики типа «входная информация – реакция» у РТА-реципиента. Как правило, в направлении РТА-инициатор → РТА-реципиент передаются команды и сообщения дополнительного информационного обеспечения, а в обратном направлении РТА-реципиент → РТА-инициатор – сообщения о выполнении

команд, информация о реакциях РТА и о сопутствующих обстоятельствах (контекст).

*Цель:* цель взаимодействия РТА – РТА полностью определяются и подчиненно либо цели одного из РТА, который является РТА-инициатором взаимодействия, либо замыслу ПА, в качестве которого может выступать как АП, так и ИТА. РТА-инициатор формирует входную информацию и отклик от РТА-реципиента таким образом, чтобы приблизить достижение своей цели. У РТА-реципиента нет какой-либо своей цели, и цель взаимодействия каждый раз определяется целью того РТА-инициатора, с которым сейчас взаимодействует РТА, либо взаимодействие всех РТА подчинено замыслу ПА.

*Предметная область:* если взаимодействие организовано между РТА, то, как правило, оно осуществляется в одной предметной области, либо в близко-смежных предметных областях. Если взаимодействие между РТА организуется ПА, то он должен в своей модели знаний в конкретной предметной области, предполагать реакции всех РТА и конфигурировать их таким образом, чтобы обеспечить необходимую реакцию РТА.

*Контекст:* как правило, РТА могут формировать самые простейшие данные по контексту. Эти данные могут быть определены техническими датчиками: время, место, физические параметры окружающей среды (температура, освещенность, скорость движения агентов и т.д.).

*Набор реакций, состояний и интерфейс интерпретации сообщений, взаимодействующих РТА* определяется замыслом ПА, с учетом его целей, модели знаний и требуемого результата, ожидаемого от взаимодействия РА.

Семантическая интероперабельность при взаимодействии РТА – РТА может принимать следующие значения:

- двухсторонняя семантическая совместимость между РТА – РТА достигнута;
- односторонняя семантическая совместимость взаимодействия РТА-инициатор → РТА-реципиент достигнута (при этом семантическое взаимодействие по обратному каналу РТА-реципиент → РТА-инициатор не требуется);
- семантическая совместимость между РТА – РТА не достигнута.

### **3.2.4. Особенности взаимодействия и семантической совместимости агентов-пользователей**

#### **3.2.4.1. Синтаксическая и лингвистическая совместимость**

При взаимодействии АП – АП особенным фактором, накладывающим ограничения на достижение семантической интероперабельности, является синтаксическая и лингвистическая совместимость [63].

*Язык* – это система знаков, звуков и символов, посредством которой осуществляется человеческое общение на различных уровнях коммуникации и трансляции, включая операции мышления, приобретение, хранение, преобразование и передачу сообщений, сигналов, информации, знаний и связанные процессы.

*Синтаксис* – набор правил построения фраз и сообщений в языке, позволяющий строить, осмысленные предложения в этом языке; правила соединения слов и предложений для выражения мысли.

*Синтаксическая совместимость* – единство правил построения сообщений в языке, позволяющий строить, осмысленные предложения и сообщения в этом языке.

Хотя человеческий язык почти бесконечен в своей способности описывать сложные понятия, людям может потребоваться некоторое время, чтобы прийти к общему пониманию смысла употребляемых выражений. Если область взаимодействия ограничена, и большинство его участников имеют схожие цели и модели знаний в предметной области взаимодействия, то общее взаимопонимание – т.е. семантическая интероперабельность, может вполне быть достигнута. Но тонкие различия в моделях знаний приводят к тому, что сходные выражения имеют потенциально различные значения.

Особенностью семантического взаимодействия между людьми является то, что смысл сообщений, которыми АП обмениваются при взаимодействии, может быть различен на различных уровнях интерпретации. При этом первый уровень интерпретации смысла сообщений будет связан с выявлением смысла используемых понятий предметной области, а второй уровень интерпретации будет основан на выявлении смысла сообщения в соответствии с культурным, политическим, религиозным и личным образованием и опытом. На втором уровне интерпретации смысл сообщения, не всегда сводится к интегральной свертке смысла отдельных понятий т.к. на этом уровне может проявляться двусмысленность сообщения, его скрытый смысл или эмоциональная окраска, с учетом контекста. При этом смысл сообщения, как результат такой двухуровневой интерпретации может отличаться в различных аспектах: отличаться в синтаксисе и грамматике выражений; отличаться эмоциональной окраской; отличаться с учетом опыта индивидов; отличаться в отражении восприятия частных ситуаций и окружающего мира в целом во внутренний мир каждого конкретного человека.

*Лингвистика* – учение о языке, исследующее закономерности его структуры, функционирования и развития, включающее сравнение отдельных языков с целью выявления генетических и типологических связей между ними.

*Лингвистическая совместимость* – совместимость закономерностей структуры и функционирования различных языков, позволяющая производить преобразования сообщений одного языка в сообщения на другом языке без потери смысла.

При взаимодействии АП – АП, где различные АП общаются на разных языках, возникает проблемная ситуация, состоящая в том, что некоторые понятия не имеют эквивалентных понятий на другом иностранном языке или же сходные языковые выражения имеют разные значения. В результате требуется, чтобы эти понятия были представлены в виде сложных выражений. Даже в том случае, когда разные языки обладают сходными понятиями, они могут иметь отличные уровни семантической детализации или социальные ограничения в отношении использования. Следовательно, семантика, или интерпретация вы-

ражений в языке, зависит от дополнительных параметров взаимодействующих АП: культурного базиса, социального контекста, самого языка, национальности, образования, опыта и индивидуальных врожденных способностей, таких как интеллект, физические особенности речи, слуха, зрения, обоняния, осязания и т.д.

Перевод с одного языка на другой представляет собой однонаправленный и двухфазный процесс межязыкового и межкультурного взаимодействия при котором на основе подвергнутого целенаправленному («переводческому») анализу первичного сообщения создается вторичное сообщение (метатекст), заменяющее первичное в другой языковой и культурной среде. Процесс перевода всегда сопровождается частичной модификацией смысла сообщения, т.к. он сглаживает лингвистические различия между двумя языками, двумя культурами и двумя коммуникативными ситуациями [112].

Коммуникация людей в масштабных организационных системах, владеющих различными языками, представляет собой известную трудность и может вестись с помощью одного из следующих способов.

1) Перевод всего множества документов и сообщений, которыми обмениваются люди на все языки, используемые в организационной системе. Так в странах Евросоюза (ЕС) официально провозглашен принцип мультилингвизма, который формально признает равенство языков всех народов, чьи государства являются полноправными членами ЕС (в настоящий момент в нем насчитывается 23 официальных языка). Такой подход, с одной стороны, позволяет минимизировать неточности и неясности межязыковой коммуникации, обеспечить высокий уровень полноты и семантической интероперабельности межязыковой коммуникации, однако требует значительных ресурсов и приводит к низкой оперативности обмена информацией [113].

2) Выбор в качестве основного языка наиболее распространенного или простого языка, на котором в дальнейшем осуществляется все взаимодействие. При этом люди, для которых данный язык не является родным вынуждены учить и использовать его в качестве средства межязыкового взаимодействия. Такой подход принят в вооруженных силах стран НАТО, в котором в качестве основного языка взаимодействия выбран английский язык. Отметим, что в настоящее время английский язык является не только основным языком в НАТО, но и де факто является языком международного общения [113].

Вместе с тем второй подход к обеспечению лингвистической совместимости во взаимодействии людей имеет свои проблемные аспекты, которые можно продемонстрировать на примере проблем, возникающих при проведении совместных операций мультязычными подразделениями НАТО.

Изначально при формировании НАТО из 12 первоначальных членов 3 наиболее мощных государства (Великобритания, США и Канада) были англоязычными. В связи с этим английскому языку (наряду с французским) был предоставлен приоритетный статус в НАТО. Однако после вступления в НАТО стран центральной и восточной Европы существенно повысило языковую неоднородность НАТО. В связи с этим в НАТО были принят стандарт STANAG 6001 для оценки уровня владения языком, а в странах НАТО были развернуто

большое число курсов обучения «военному английскому языку» (так называемому Military English). Этот язык, во-первых, более упрощен в грамматическом плане относительно исходного английского языка, во-вторых, содержит дополнительные понятия из предметных областей, необходимых при введении военных операций. Однако именно при проведении военных операций выявляются и основные проблемы использования Military English в НАТО. Прежде всего, это касается произношения английских слов и фраз военнослужащими НАТО, для которых английский язык не является родным. Поэтому весьма часто их речь находится под значительным фонетическим влиянием их родных языков, что, прежде всего, характеризуется сильным акцентом. Они говорят на собственной версии английского языка, формирующейся под влиянием их родной речи. Поэтому англоговорящие коллеги часто не понимают их. Зачастую военнослужащие НАТО из центральной и восточной Европы редко признают, что общим рабочим языком в военных операциях НАТО является международный английский язык, в отличие от их собственной версии этого языка. Это может быть объяснено тем, что национальная лингвистическая среда деятельности военнослужащих из стран центральной и восточной Европы существенно отличается от англоязычной среды [113].

Для количественной оценки лингвистической совместимости может быть использована шкала знания языка межязыкового общения, предусмотренного стандартом STANAG 6001. Данный стандарт представляет собой документ, детально описывающий уровни владения четырьмя основными языковыми аспектами: аудированием/восприятием на слух (listening), чтением (reading), письмом (writing) и разговорной речью (speaking). В соответствии со шкалой STANAG 6001 выделяются следующие уровни владения языком (по возрастанию лингвистической совместимости носителя) [114]:

- уровень 0 – знаний нет (no proficiency);
- уровень 1 – минимальный для выживания (survival);
- уровень 2 – рабочий (functional);
- уровень 3 – профессиональный (professional);
- уровень 4 – квалифицированный (expert);
- уровень 5 – носитель языка (highly-articulate native).

#### **3.2.4.2. Совместимость знаний и понятий в предметных областях**

При взаимодействии АП – АП важным фактором, накладывающим ограничения на достижение семантической интероперабельности является совместимость знаний и понятий взаимодействующих людей.

Знания ТА представляются в виде модели знаний (модели знаний ТА более подробно рассмотрены в разделе 3.2.2.1) и формируются человеком или в процессе их самообучения на выбранных человеком шаблонах или примерах.

Знание человека (АП) и сам процесс познания является сложным процессом и предметом исследований таких дисциплин как педагогика, философия, гносеология. Выделяют различные виды знания человека: научное, вненаучное,

обыденно-практическое, личное, интуитивное, чувственное, религиозное и др. Знания человека формируются в процессе познания: целенаправленного обучения, жизни в определенной социальной среде, прохождения ряда ситуаций и приобретения индивидуального жизненного опыта.

В результате АП в процессе взаимодействия друг с другом интерпретируют смысл поступающих сообщений с учетом индивидуального уровня образования, опыта, интуиции и интеллектуальных способностей. Этим АП качественно отличаются от ТА, для которых характерно то, что одинаковые ТА с одинаковой моделью знаний одинаково интерпретируют смысл сообщений. Среди АП практически невозможно найти «двойников» с полностью совпадающими знаниями, опытом, интуицией и интеллектуальными способностями. Это накладывает определенную «нечеткость» на интерпретацию смысла сообщений при взаимодействии АП – АП.

Можно утверждать, что при оценке семантической интероперабельности взаимодействия АП – АП имеет место асимметрия. Так, передача информации от АП с меньшим уровнем знаний к АП с большим уровнем, обладает более высоким уровнем семантической интероперабельности, за счет больших возможностей по анализу и интерпретации поступающей информации. В то время как передача информации от АП с большим уровнем знаний к АП с меньшим – меньшем уровнем семантической интероперабельности, так как возможны ситуации, когда АП – получатель информации, в силу низкого уровня знаний (образования, опыта) не сможет правильным образом понять смысл адресованной ему информации.

Знания человека можно представить, как совокупность предметных областей, в каждой из которых используется своя система терминов.

В отличие от ТА, которые по умолчанию ориентированы на взаимодействие в какой-либо одной или группе смежных предметных областей, люди, как правило, обладают широкой вариативностью в освоении предметных областей. Как правило в процессе взросления и приобретения повседневного жизненного опыта у АП формируется универсальная предметная область, взаимодействие в которой упрощено можно характеризовать как «поговорить за жизнь». В процессе получения образования по одной или нескольким специальностям, приобретения опыта работы в той или иной сфере формируются специализированные предметные области, каждая из которых обладает своей узкоспециализированной терминологией. Семантически значимое взаимодействие между АП в какой-либо из специализированных предметных областей возможно только если оба взаимодействующих АП обладают знаниями в этой области. При этом нужно отметить, что глубина занятий в одной и той же предметной области у различных АП может быть различна, что приводит к вышеуказанной асимметрии в интерпретации смысла передаваемых сообщений.

Каждая предметная область формирует свою замкнутую систему специализированных понятий и терминов, которые не являются с общими или эквивалентными для других предметных областей. Обычно специализированные термины вводятся при соответствующем характере работы, которой занимается какое-либо сообщество (медицинские работники, инженеры, юристы и т.д.).

Термины и их семантика развиваются, чтобы облегчить взаимопонимание при проведении исследований, разработок и операций в этой предметной области обладающей высокой степенью специализации. Конечно, специализация напрямую влияет на доступность, понятность и удобство использования информации из этой специализированной предметной области, со стороны других систем и пользователей.

Расширение глобальных знаний приводит, с одной стороны, к расширению возможностей естественных языков представлять сходные понятия с учетом социальных, политических и других влияющих ограничений, с другой стороны, к росту количества и сложности специализированных знаний в отдельных предметных областях. В этом случае отдельные сообщества интересов начинают создавать свои собственные словари и понятия для специализированных предметных областей, которые не могут быть правильно интерпретированы если не являться членом этого сообщества. Эти две противоположные тенденции (рис. 3.11), одна из которых усиливает повсеместное распространение знаний в результате глобализации, а другая уменьшает их семантическую доступность в результате специализации, влияет на способность людей достигать общего взаимопонимания.

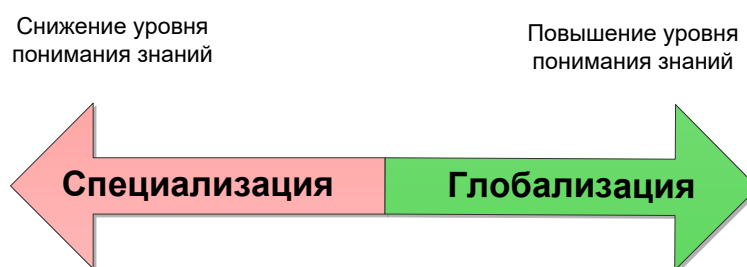


Рис. 3.11. Процессы глобализации и специализации знаний

Крупные значимые сообщества должны тратить дополнительные ресурсы на то, чтобы их специализированные знания могли быть выражены в форме, доступной для понимания и интерпретации другими сообществами. Примером может служить сообщество медицинских работников, чья работа является одной из самых важнейших для человеческого общества, однако взаимодействие в этом сообществе основано на большом количестве специализированных терминов и понятий, смысл которого фактически не интерпретируем обычными людьми. В результате врачи, как представители этого специализированного сообщества, выступают интерпретаторами терминов своей предметной области в термины, понятные другим людям. Однако в результате такой интерпретации знание упрощается и утрачивает часть своего смысла. В результате одно и то же специализированное знание существует как бы на двух уровнях интерпретации – профессиональном, где оно выражено в терминах специализированной предметной области и является гораздо более объективным, и упрощенно-бытовым – где это же знание, за счет его упрощения, становится доступным другим людям за пределами специализированной предметной области.



По мере специализации знания появляется уникальный набор специфических задач, специализированный набор предметных областей и контекстов, новые семантические модели понятий. В результате все меньше людей могут понять эти специализированные знания. Специализированное знание может стать более глобальным, например, за счет его повсеместной интеграции в учебные и образовательные программы. Всеобщее образование в развитых странах повысило уровень грамотности широких слоев населения и расширило отдельные специализированные знания (алгебра, геометрия, литература, биология, география и т.д.) до уровня всеобщих знаний, в то время как в прошлые века носителями этих знаний были узкие группы специалистов.

При использовании оценки уровня «специализированности» знаний сначала определяют пропорциональный размер оцениваемого сообщества по отношению к эталонному сообществу. Затем определяют, является ли знание специализированным или общим по отношению к оцениваемому сообществу.

В результате уровень «специализированности» знаний должен соответствовать одному из четырех квадрантов (рис. 3.12):

- 1) глобальное сообщество – специализированные знания (глобально-специализированный квадрант);
- 2) малое сообщество – специализированные знания (малый специализированный квадрант);
- 3) глобальное сообщество – общие знания (глобально-общий квадрант);
- 4) малое сообщество – общие знания (малый общий квадрант).



Рис. 3.12. Уровни «специализированности» знаний

### 3.2.4.3. Особенности вербального (речевого) взаимодействия

Как правило непосредственное личное взаимодействие АП – АП имеет вербальную (речевую) форму. Сообщения при такой форме взаимодействия представляют собой набор высказываний, которые выражают цель, основную информацию и контекст, указывающий на то, как интерпретировать высказывание.

Каждое речевое взаимодействие имеет несколько составляющих (рис. 3.13):

- *локативный компонент* (locutory component) – это материальное выражение речевой формы высказывания, например, звуковые волны, радиоволны, текстовые сообщения, символы и т.д.;
- *иллокутивный компонент* (illocutory component) – прагматический компонент смысла высказывания, отражающий коммуникативную цель говорящего;
- *перлокутивный компонент* (perlocutory component) определяет воздействие иллокутивного акта на состояние адресата, т.е. служит намеренному воздействию на адресата, достижению какого-либо определенного результата.

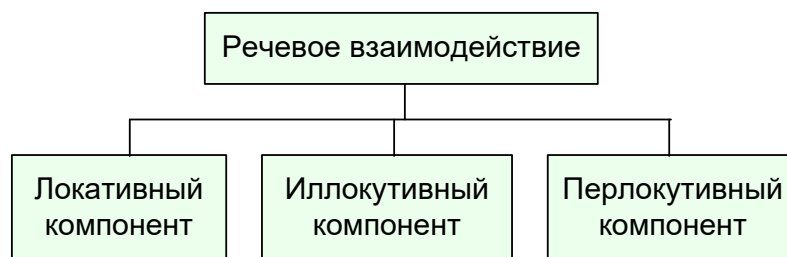


Рис. 3.13. Составляющие речевого взаимодействия

Как правило суть сообщения передается в иллокутивном компоненте, в котором используются понятия, из предметной области, общей для взаимодействующих агентов. Однако для лучшей интерпретации смысла иллокутивного компонента, необходимо знать цель говорящего т.е. перлокутивный компонент.

Таким образом, чтобы обеспечить правильную семантическую интерпретацию речевого высказывания при взаимодействии между агентами любого типа, агентам также необходимо знать иллокутивный и перлокутивный компоненты сообщения, представленного в локативной форме.

### 3.2.5. Проблемы передачи неявной информации и формирования неявных знаний при семантическом взаимодействии

Как неоднократно упоминалось ранее, семантическое взаимодействие между пользователями, или, в терминах мультиагентной модели – АП, может быть представлено в виде четверки:

Взаимодействие = <Информация, Цель, Предметная область, Контекст>.

При непосредственном взаимодействии АП на особенности интерпретации информационных сообщений, цели взаимодействия, терминов предметных областей и контекста влияют, среди прочего, психологические и социально-культурные особенности взаимодействующих пользователей, что подробно рассмотрено в п. 3.4. Однако, в практике современных ОТС, очень часто пользователи взаимодействуют не непосредственно, а посредством ТС связи: средств голосовой и видео-связи, программ отправки сообщений (типа email, sms или ICQ), через пользовательский интерфейс программного обеспечения (ПО) компьютерных систем и т.д. При этом ТС, используемые для взаимодействия между пользователями, влияют на интерпретацию смысла сообщений, которыми обмениваются через него АП.

В целом можно сделать вывод, что достижение семантической интероперабельности обусловлена необходимостью максимизировать объем явной информации и минимизировать объем неявной информации, одновременно с повышением вероятности правильной интерпретации смысла неявной информации.

*Явная информация* – информация, которая может быть представлена в знаково-символьной, визуальной или вербальной (голосовой) форме, которая позволяет относительно легко интерпретировать ее смысл.

*Неявная информация* – информация, которую сложно представить в какой-либо знаково-символьной, визуальной или вербальной форме, позволяющей относительно легко интерпретировать ее смысл. К неявной информации может относиться информация о психологическом и эмоциональном состоянии; о национальных, культурных, религиозных и исторически обусловленных традициях или событиях, о нюансах социальных и организационных ролей, о подтексте, двойном или скрытом смысле определенных сообщений.

Смысл сообщений, несущих неявную информацию, является наиболее сложными для интерпретации и соответственно – для достижения семантической интероперабельности, из-за высокой вероятности ошибочных предположений о значении обмениваемых сообщений (рис. 3.14).

Рассматривая в составе ОТС взаимодействие пользователей (АП) и ТА, а также учитывая, что в процессе взаимодействия сообщения могут содержать как явную, так и неявную информацию, а результатом семантического взаимодействия может быть формирование как явных, так и неявных знаний, можно сделать вывод о наличии проблем правильной интерпретации смысла при взаимодействии «АП – ТА». Суть этих проблем, представленных на рис. 3.15, заключается в следующем.

1) Невозможно посредством ТА передать неявные знания АП. Таким образом, взаимодействие пользователей посредством ТА, накладывает барьеры на передачу информации, соответствующей неявным знаниям. Большая часть такой информации соответствует таким психологическим и социально-культурным аспектам семантического взаимодействия как:

- чувства и эмоции взаимодействующих людей;



3) стандартизация ЧМИ посредством которых пользователь вводит/выводит информацию в/из ТА, а также правил межмашинного обмена, в соответствии с которыми ТА взаимодействуют между собой.

Более подробно особенности использования ЧМИ для повышения качества человеко-машинного и пользовательского взаимодействия рассмотрены в работе автора [32].

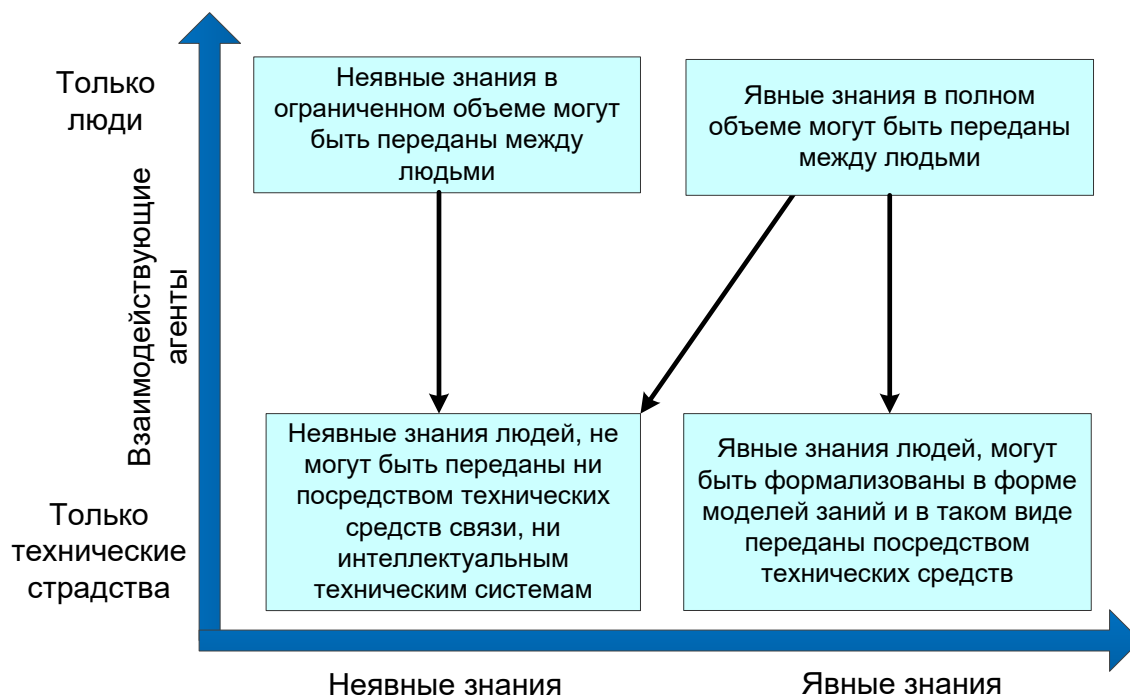


Рис. 3.15. Проблемы в передаче неявных знаний, посредством ТА

### 3.3. Контекстные параметры взаимодействия

Под *контекстом* понимаются обстоятельства, от которых зависит восприятие информации; совокупность фактов и обстоятельств, в окружении которых происходит какое-либо событие, существует какое-либо явление, какой-либо объект.

В состав контекста включается дополнительная информация, помогающая правильно интерпретировать основную информацию, содержащуюся в сообщениях взаимодействующих агентов (рис. 3.16):

- *временной контекст* – сведения: о временных параметрах взаимодействия; о времени или длительности чего-либо, упоминаемого в сообщении;
- *геопропространственный контекст* – сведения: о местоположении агентов или описываемых событий; о местоположении субъекта и объекта сообщения; пространственных параметрах взаимодействия т.д.;
- *ситуативный контекст* – сведения о ситуации в которой происходит взаимодействие или ситуации, которая обуславливает необходимость

взаимодействия, сведения о состоянии окружающей среды, состоянии других агентов и т.д.;

- *предметный контекст* – дополнительные термины, понятия или знания, объекты предметной области, которыми необходимо дополнить модель знаний агента, чтобы правильно интерпретировать основную информацию. При взаимодействии АП – АП в состав этого контекста могут включаться дополнительные сведения о культурных, политических, социальных, психологических, лингвистических, национальных, религиозных и других особенностях взаимодействующих АП, позволяющих улучшить интерпретацию основной информации;
- *дополнительная информация* – сведения, которые позволяют более правильно интерпретировать основную информацию: эмоциональный окрас; обстоятельства формирования информации; характеристики достоверности, полноты, оперативности сообщаемой информации; целесообразные действия в сложившихся условиях, необходимость запроса дополнительных и уточняющих сведений; данные о форме представления основной информации (аудио, видео, символьные сообщения) и т.д.;
- *мультиагентный контекст* – сведения о роли и месте агентов, осуществляющих взаимодействие в общей системе, состояния их подчиненности, совместимости целей и ролей, информация о возможностях агентов и отношениях сотрудничества между ними и пр.

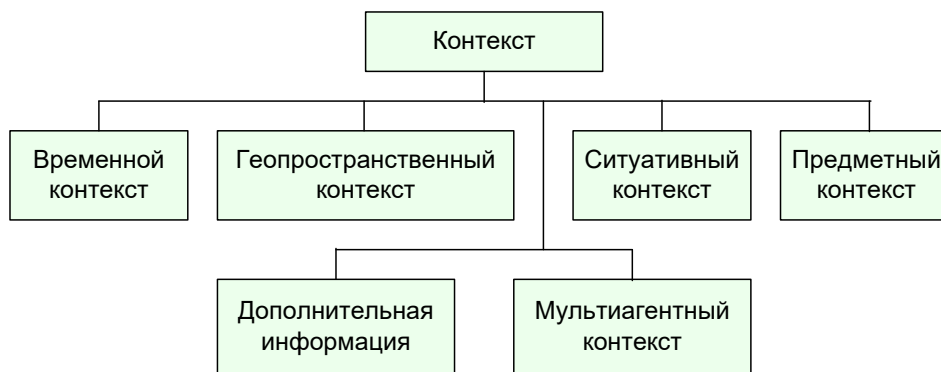


Рис. 3.16. Типы контекста

Принципиально важным при взаимодействии являются временной и геопространственный контекст. Наличие меток времени и пространственных метаданных позволяет интерпретировать сообщения в привязке к развитию ситуации, а также к действиям отдельных агентов как во времени, так и в пространстве. Наличие временного контекста принципиально важно для синхронизации действий различных агентов при решении совместной задачи или достижения общей цели.

Ситуативный контекст, позволят агентам обмениваться информацией об окружающей среде, состоянии других агентов, состоянии системы, а в случае отсутствия такой информации – запрашивать ее у других агентов, которые могут располагать ею. Наличие ситуативного контекста позволяет агентам «быть

в курсе» окружающих событий, и даже если эти события явно не относятся к данному агенту, все равно интерпретировать поступающие сообщения, с учетом складывающейся обстановки как внутри системы, так и в окружающей среде.

Мультиагентный контекст, в иерархических системах позволяет агентам четко интерпретировать свое место и роль в иерархии подчиненности, агентов, имеющих право затребовать информацию и отдать распоряжения о тех или иных действиях, а также подчиненных агентов, силы и средства которых можно задействовать при решении поставленной задачи. В сетевых и сетевых системах мультиагентный контекст позволяет агентам самоорганизовываться, образуя динамические группы для выполнения той или иной поставленной задачи, координировать свои действия в интересах достижения общей цели, делиться ресурсами, а также гибко менять иерархию подчиненности.

В настоящее время для ТА нет стандартов контекста, но прилагаются усилия по формированию контекстных теорий и установлению влияния контекста на формирование моделей знаний, интерпретацию целей и понятий предметной области. В общем случае контекст формализуется в виде метаданных сообщения – служебных или дополнительных данных, описывающих характеристики основной информации, передаваемой в сообщении.

В настоящее время метаданные получили широкое распространение как служебные данные или указатели при организации процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления данных из информационных ресурсов. Проблема единообразного формирования метаданных для различных типов документов была решена за счет внедрения языка разметки Extensible Markup Language (XML), что позволило создать информационные ресурсы, способные обмениваться элементами данных друг с другом.

Автоматизацию и стандартизацию формирования и распознавания контекста при взаимодействии агентов на семантическом уровне интероперабельности предполагалось осуществить с использованием схем данных XML с семантическими определениями [63]. Этот подход предполагал совместное использование элементов контекста (временной контекст, геопространственный контекст, ситуативный контекст и т.д.) в виде метаданных сообщений с использованием синтаксиса XML. Однако было быстро обнаружено, что использование только языка разметки XML не достаточно для адекватного и полного формирования контекста, поскольку семантические определения элементов данных XML находятся в форме документа, не представлены явно, а также не используются совместно между системами, что приводит к возможности ошибок в семантических интерпретациях контекста различными агентами. Как показано в работе [63] несмотря на то, что наличие синтаксиса XML для элементов контекста помогло обеспечить формирование общих контекстных меток для основных данных сообщения, однако даже введение схем контекста с определенной структурой и моделями контекста, основанных на известных типах моделей знаний (продукционная тип, тип «семантическая сеть», фреймовый тип и т.д.) оказалось недостаточным для адекватной передачи всех тонких нюансов, влияющих на правильную семантическую интерпретацию сообщений.

Особенно это касалось вопросов формализации культурных, политических, социальных, психологических, лингвистических, национальных, религиозных и других аналогических параметров в контексте взаимодействия АП – ИТА и ИТА – ИТА.

### **3.4. Зависимость семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики**

В соответствии с SCOPE-моделью [63] основными факторами, определяющими качество семантической интероперабельности взаимодействия АП между собой, или, как их еще можно назвать «человеческими факторами», являются следующие:

1. факторы индивидуальных психических особенностей и психического состояния АП;
2. факторы роли и выполняемых обязанностей АП, типа организационной структуры управления и корпоративной культуры;
3. факторы ориентированности АП на следование целям, инструкциям и поведенческим шаблонам той организационной системы, частью которой он является;
4. контекст взаимодействия АП;
5. другие особенности взаимодействия АП, рассмотренные в п. 3.2.4.

При этом каждый из этих факторов, описывается собственным набором параметров, которые более подробно будут изложены ниже. Однако, здесь необходимо отметить, что подавляющее большинство рассматриваемых параметров относится к трудно формализуемым параметрам из области психологии и социологии, в связи с чем они изложены довольно поверхностно, а их влияние на интероперабельность требует дальнейших более глубоких исследований (это обстоятельство также отмечается и в SCOPE-модели [63]).

Свертка набора параметров по каждой группе факторов в отношении каждой пары АП приводит к тому, что каждая из вышеуказанных групп факторов может быть оценена качественно, одним из следующих значений:

- положительно влияет на семантическую интероперабельность взаимодействия АП – АП (способствует ее повышению);
- нейтрально влияет на семантическую интероперабельность взаимодействия АП – АП (не оказывает заметного влияния);
- негативно влияет на семантическую интероперабельность взаимодействия АП – АП (способствует ее снижению).

#### **3.4.1. Факторы индивидуальных психических особенностей и психического состояния**

Индивидуальные психические особенности пользователей являются важными факторами, влияющими на эффективность семантического взаимодействия пользователей в ОТС. Это обусловлено тем, что различие в темпераменте, эмоциональном состоянии, способности к определенному виду



деятельности у различных пользователей могут влиять на эффективность их работы с разными ЧМИ.

В качестве основных факторов, влияющих на эффективность семантическую интероперабельность взаимодействия пользователя с ЧМИ можно выделить:

- индивидуальные психические особенности;
- психические состояния.

*Индивидуальные психические особенности* – своеобразные свойства психической активности личности, которые выражаются в его темпераменте, характере, способностях, чувствах и эмоциях, а также в проявлении воли. Индивидуальные психические особенности формируются в результате обобщения его индивидуальных биологических и социально приобретенных свойств, вовлеченных в поведение человека, а также в его деятельность и общение [106].

В соответствии с работой [106] можно выделить следующие индивидуальные психические особенности и состояния пользователя, влияющие на семантическую интероперабельность:

- темперамент;
- характер;
- способности;
- чувства и эмоции;
- воля.

*Психическое состояние* – это «целостная характеристика психической деятельности за определенный период времени, показывающая своеобразие протекания психических процессов в зависимости от отражаемых предметов и явлений действительности, предшествующего состояния и свойств личности. Психические состояния человека отражают, с определенной степенью адекватности, реальную жизненную и трудовую ситуацию и отношение субъекта, а также вовлекают в процесс разрешения проблемной жизненной или трудовой ситуации [107].

Далее рассмотрим эти индивидуальные психические особенности, психические состояния и другие неблагоприятные факторы, влияющие на семантическую интероперабельность взаимодействия пользователей более подробно.

#### **3.4.1.1. Темперамент**

*Темперамент* – это совокупность устойчивых динамических особенностей психических процессов человека: темпа, ритма, интенсивности. Темперамент определяет скорость течения психических процессов, устойчивость эмоциональной сферы, степень волевого усилия.

В настоящее время выделяют четыре типа темперамента, которые, однако, редко встречаются в чистом виде и, как правило, в каждой отдельной личности проявляются в виде смешения в различных пропорциях всех четырех типов темперамента [106].

*Холерик* – отличается повышенной возбудимостью, а вследствие этого и неуравновешенностью поведения: вспыльчив, агрессивен, прямолинеен в отношениях, энергичен в деятельности. Для холериков характерна цикличность в

работе – чередование периодов высокопродуктивной активной деятельности и истощения сил, упадка вера в свои возможности, подавленного настроения. Такая цикличность является одним из следствий неуравновешенности их нервной деятельности [106].

*Сангвиник* – отличается сильной и уравновешенной нервной системой, обладает быстрой реакцией, его действия в высокой степени продуманны. Сангвиник, как правило, жизнерадостен, благодаря чему ему свойственна высокая устойчивость к негативным факторам и трудностям жизни. Проявляет продуктивную активность в интересных для него делах, в рутинных операциях становится вялым, скучным, часто отвлекается [106].

*Флегматик* – расчетлив и разумен, не тратит понапрасну сил, рассчитав их, он доводит дело до конца. Ровен в отношениях, в меру общителен. Недостатками флегматика являются его инертность, малоподвижность. Ему нужно время для «раскачки», для сосредоточения внимания, для переключения его на другой объект и т.п. [106].

*Меланхолик* – обладает слабой нервной системой, повышенной чувствительностью даже к слабым раздражителям. Часто проявляет грусть, подавленность, неуверенность в себе, тревожность. У личностей этого типа могут возникнуть невротические расстройства [106].

Введя допущение о том, что повышенная конфликтность взаимодействия пользователей, соответствует негативному влиянию на семантическую интероперабельность и ориентируясь на результаты работы [108], можно сделать следующие предварительные выводы о влиянии типов темпераментов на семантическую интероперабельность (таблица 3.4). Однако эти выводы носят не окончательный характер, а само влияние темперамента на семантическую интероперабельность человеческого взаимодействия требует дополнительного более глубоко исследования.

Таблица 3.4 – Влияние типов темпераментов АП на семантическую интероперабельность их взаимодействия (типы темпераментов, взаимодействующих АП указаны в левой колонке и в верхней строке таблицы) [108]

Тип темперамента	Холерик	Сангвиник	Флегматик	Меланхолик
Холерик	н/д	Положительно: 25%; Нейтрально: 25%; Негативно: 50%	н/д	Положительно: 1%; Нейтрально: 12%; Негативно: 87%
Сангвиник	Положительно: 25%; Нейтрально: 25%; Негативно: 50%	Положительно: 38%; Нейтрально: 37%; Негативно: 25%	Положительно: 13%; Нейтрально: 37%; Негативно: 50%	Положительно: 25%; Нейтрально: 25%; Негативно: 50%
Флегматик	н/д	Положительно: 13%; Нейтрально: 37%; Негативно: 50%	Положительно: 38%; Нейтрально: 37%; Негативно: 25%	н/д
Меланхолик	Положительно: 1%; Нейтрально: 12%; Негативно: 87%	Положительно: 25%; Нейтрально: 25%; Негативно: 50%	н/д	н/д

н/д – нет данных.

### 3.4.1.2. Характер

*Характер* – это совокупность устойчивых индивидуально-психологических свойств, проявляющихся в жизнедеятельности, поведении человека в виде его отношения к окружающим людям, к самому себе, к делу, другим различным обстоятельствам бытия. Характер формируется, как правило, постепенно в процессе познания и практической деятельности [106].

Существуют различные подходы к описанию, классификации свойств, черт характера. Условно их можно сгруппировать следующим образом [106]:

- черты характера, в которых отражается отношение человека к другим людям (к родным, близким, знакомым и незнакомым, к лицам противоположного пола, к людям, которые к нему относятся хорошо или настроены враждебно);
- черты характера, в которых проявляется отношение человека к самому себе (к своему социальному статусу, своей внешности, собственному здоровью и т.п.);
- черты характера, выражающие отношение к делу, работе, служебной, профессиональной деятельности (трудолюбие, добросовестность, аккуратность, лень, безответственность и т.п.) – наиболее важные черты характера, в наибольшей степени определяющие эффективность взаимодействия пользователя с ЧМИ;
- черты характера, в которых отражается отношение к вещам, материальному благополучию (щедрость, жадность, корыстолюбие, бережливость и некоторые другие).

Рассматривая черты характера, выражающие отношение к делу, к исполнению служебных обязанностей в рамках организационной подсистемы ОТС, как основные черты характера, влияющие на семантическую интероперабельность сформируем предварительные выводы о влиянии этих черт характера (таблица 3.5). Отметим при этом, что эти выводы носят не окончательный характер, а само влияние черт характера на семантическую интероперабельность человеческого взаимодействия требует дополнительного более глубоко исследования.

Таблица 3.5 – Влияние черт характера АП, выражающих отношение к исполнению служебных обязанностей в рамках СЦИУС, на семантическую интероперабельность их взаимодействия (типы темпераментов, взаимодействующих АП указаны в левой колонке и в верхней строке таблицы)

Черты характера	Трудолюбие	Добросовестность	Лень	Безответственность
Трудолюбие	Положительно	Положительно	Негативно	Негативно
Добросовестность	Положительно	Положительно	Негативно	Негативно
Лень	Негативно	Негативно	Негативно	Негативно
Безответственность	Негативно	Негативно	Негативно	Негативно

### 3.4.1.3. Способности

*Способности* – это индивидуально-психологические особенности личности, обеспечивающие успех в деятельности, в общении и легкость овладения ими. Успешность в деятельности и общении определяется не одной, а системой различных способностей, при этом они могут взаимно компенсироваться [106].

Существует целый ряд классификаций способностей [106]:

1) природные способности, как правило, формируются на базе являются врожденных, биологически обусловленных задатков и развиваются путем обучения или получения жизненного опыта;

2) специфические способности, имеющие общественное происхождение и обеспечивающие жизнь и развитие в социальной среде. Эти способности в свою очередь подразделяются на:

а) общие и специальные;

б) теоретические;

в) учебные и творческие. Высшая степень творческих проявлений личности называется гениальностью, а высшая степень способностей личности в определенной деятельности – талантом;

г) способности к общению, взаимодействию с людьми и т.д.

Применительно к обеспечению семантической интероперабельности взаимодействия АП – АП положительную роль играет наличие у взаимодействующих людей способностей к общению, а также наличие других способностей, обеспечивающих высокое качество выполнения служебных обязанностей в рамках ОТС.

### 3.4.1.4. Чувства и эмоции

*Чувство* – это переживаемое в различной форме отношение человека к предметам и явлениям действительности. Это более сложное, чем эмоции, постоянное, устоявшееся отношение личности к тому, что она познает и делает, к объекту своих потребностей. Чувство характеризуется устойчивостью и длительностью. Чувства обычно классифицируются по содержанию. Принято выделять следующие виды чувств: моральные, интеллектуальные и эстетические [106].

*Эмоции* – это субъективные реакции человека на воздействия внешних и внутренних раздражителей, отражающие в форме переживаний их личную значимость для субъекта и проявляющиеся в виде удовольствия или неудовольствия. В узком значении, эмоции – это непосредственное, временное переживание какого-либо чувства [106].

В зависимости от силы и продолжительности чувств, их можно отнести к различным эмоциональным состояниям человека [106]:

- эмоциональный тон – непосредственные переживания и ощущения, которые относятся к каждому объекту реальности;
- настроение – это переживания слабой или средней силы и относительно устойчивые;

- страсть – устойчивое, длительное состояние, связанное с сильным накалом страстей. В позитивном смысле страсть является хорошим мотиватором активных действий, но она же порождает и зависимости;
- аффекты – чрезвычайно сильные, быстрые и бурные эмоциональные состояния, которые быстро проходят. Возникают в связи с внезапными шокирующими событиями;
- воодушевление – это состояние большой устремлённости к определенной деятельности;
- амбивалентность – это противоречивость переживаемых эмоций;
- апатия – последствие утомления или сильного переживания, которое протекает в форме безразличия к жизни;
- депрессия – это подавленное состояние, в котором у человека отсутствуют желания и все воспринимается в негативном ключе;
- стресс – эмоциональное состояние чрезмерно сильного и длительного психологического напряжения, которое нередко требует специальных восстановительных процедур;
- фрустрация – состояние дезорганизации сознания из-за серьезных препятствий на пути к цели.

Рассматривая вышеуказанные эмоциональные состояния пользователей в контексте их влияния на семантическую интероперабельность можно отметить что состояния эмоционального угнетения, плохого настроения, аффекта, амбивалентности, апатии, депрессии, стресса и фрустрации людей негативно влияют на семантическую интероперабельность. В то же время состояния эмоционального подъема, хорошего настроения, доброкачественной страсти и воодушевления пользователей положительно влияют на их семантическую интероперабельность.

#### 3.4.1.5. Воля

*Воля* – психическая функция, заключающаяся в способности индивида к сознательному управлению своей психикой и поступками в процессе принятия решений для достижения поставленных целей [106].

Воля не является изолированным свойством психики человека, поэтому она должна рассматриваться в тесной связи с другими сторонами его психической жизни, с мотивами и потребностями. Проявление волевых действий тесно связано с функцией принятия решений [106].

*Волевое действие* – обдуманное действие. В простом волевом действии можно выделить два основных этапа [106]:

1. подготовительный («мысленное действие»), завершающийся принятием решения;
2. завершающий («фактическое действие»), заключающийся в исполнении принятого решения.

В сложном волевом действии этапов значительно больше [106]:

1. осознание цели и стремление достичь ее;
2. осознание альтернативных возможностей достижения цели;

3. анализ факторов, положительно или отрицательно влияющих на эти возможности;
4. борьба мотивов и выбор;
5. принятие одной из возможностей в качестве решения;
6. осуществление принятого решения;
7. преодоление внешних препятствий при осуществлении принятого решения и достижении поставленной цели.

Важным направлением в развитии воли пользователей является выработка волевых качеств личности: дисциплинированности, целеустремленности, самообладания, самостоятельности, решительности, настойчивости, инициативности, смелости, мужества, отваги и др. [106].

Рассматривая волевые качества пользователей в контексте их влияния на семантическую интероперабельность можно отметить что наличие высоких волевых качеств у ЛПР ОТС положительно влияет на семантическую интероперабельность между ними и подчиненными АП, что проявляется в способности ЛПР на высоком уровне рассмотреть альтернативы достижения цели, обосновать целесообразность принятого решения, замотивировать подчиненных на ее достижение.

#### **3.4.1.6. Психические состояния**

Все многообразие психических состояний человека при выполнении им целевых задач в составе организационных задач ОТС можно разделить на два класса [109, 110]:

1. благоприятные, которые способствуют мобилизации при выполнении деятельности, повышение ее эффективности
2. неблагоприятные, которые неблагоприятным, дезорганизирующим и деструктивным образом влияют на деятельность пользователя.

К наиболее благоприятным психическими состояниям относится состояние функционального комфорта и психической напряженности (продуктивной – по уровню выраженности). К неблагоприятным состояниям относятся эмоциональная возбужденность, повышенная психическая напряженность, психическое утомление, эмоциональный стресс, состояние монотонии, тревожности, отсутствия мотивации, а также индифферентное состояние [109, 110].

В психологии труда и эргономике психические состояния пользователей описываются как его «удовлетворённость» в триаде: «цель – средства и способы – результат» [109, 110].

При варианте, когда пользователь располагает всеми необходимыми для своей деятельности условиями – осознает цель, обладает достаточными средствами, достигает нужного результата деятельности, можно говорить о функциональном комфорте как благоприятном психическом состоянии [109, 110].

Однако, на практике пользователь зачастую не достигает положительного эффекта в одном или нескольких компонентах триады, ввиду того, что вынужден [109, 110]:

- самостоятельно формулировать конкретную цель своих действий в данных условиях (находить ее в должностных или технических ин-

- струкциях, вникать в полученную от руководителя, принимать ответственные решения и т. д.);
- самостоятельно вести поиск средств достижения цели и способов их использования, прилагать усилия по использованию имеющегося, но зачастую не оптимального оборудования для успешного разрешения конкретной производственной задачи;
  - добиваться положительного результата сложными, трудозатратными, долгими вариантами действий, прилагая большие усилия, работая в условиях дефицита информации об итогах своей деятельности (а в ряде случаев, даже не зная о реальной цели своих действий).

Затруднение в выполнении человеком отдельных компонент триады «цель – средства и способы – результат» приводит к формированию у него негативных психических состояний: психического утомления; психической напряженности; монотонии; тревожности; психологического (эмоционального) стресса; отсутствия мотивации; индифферентного состояния [109, 110].

### **3.4.2. Факторы роли и выполняемых обязанностей, типа организации, структуры управления и корпоративной культуры**

В организационной структуре ОТС каждый АП занимает определенную должность, которой соответствует определенная функциональная роль и выполнение служебных обязанностей. На качество выполнения служебных обязанностей влияет тип организационной системы, в которой АП функционирует, ее корпоративная культура, а также возможности АП по установлению новых взаимодействий внутри и вне организации, для решения целевых задач. Развитые возможности по установлению взаимодействий положительно влияют на интероперабельность вообще и на семантическую интероперабельность, в частности, т.к. АП, благодаря множественности взаимодействий с другими АП, имеет возможность более оперативно и полно получать информацию, а также верифицировать недостоверную информацию. В то же время искусственное ограничение возможностей АП по установлению взаимодействий негативно влияет на семантическую интероперабельность [63].

В зависимости от типа организации, структуры управления и корпоративной культуры, принятой в организации, поведение АП в части установления новых взаимодействий может быть различно, в случаях, когда решаемая задача выходит за рамки их роли и служебных обязанностей.

В жестких иерархических структурах управления (примером которых могут служить жестко-иерархические структуры управления государственных или военных организаций) такая задача транслируется «вверх» пока не достигает уровня ЛПР на котором задача может быть ретранслирована «вниз» непосредственным исполнителям, отвечающим в данной организации за решение задач такого типа. Такие структуры управления и корпоративные культуры сдерживают инициативу АП, препятствуют «горизонтальному» взаимодействию и сотрудничеству АП для оперативного решения задач. В таких организациях функциональные роли и служебные обязанности излишне нормированы, каж-

дый вид деятельности и роль описаны очень подробно, и существуют наказания за несоблюдение правил. Корпоративная культура служебных взаимодействий соответствует строгому соблюдению иерархии отношений «начальник – подчиненный», а отдельные члены организации имеют ограничения на взаимодействие с другими членами и не могут координировать свою деятельность с деятельностью других членов, не входящих в их подразделение [63].

В сетевых структурах управления (примером которых могут служить финансовые корпорации или научно-производственные предприятия) всячески поощряется гибкое «горизонтальное» взаимодействие и сотрудничество АП как на одном, так и на различных уровнях иерархии управления с целью максимально эффективного и оперативного решения задач. Нерешенные задачи транслируются на верхний уровень управления только если на текущих уровнях для ее решения недостаточно полномочий или ресурсов. Такие структуры и корпоративные культуры гибко приспосабливаются к новым ситуациям и задачам благодаря свободе, предоставленной отдельным их членам и всему сообществу, поощрения инициативы и творческого подхода. Корпоративная культура такой организации предполагают максимальное использование образования, подготовки и опыта своих членов и лидеров, эффективно поощряет развитие их потенциала, стимулирует «горизонтальные» связи между своими членами в виде тематических «клубов по интересам», минимизирует организационные, культурные и религиозные ограничения [63].

*Корпоративная культура* – это определенная, сложившаяся совокупность принципов, приемов, способов и моделей поведения и взаимодействия членов организации, относящаяся к: нормативно-правовой базе, регламентирующей формальные аспекты деятельности организации; формальными правилами и неформальными обычаями ведения дел и организации взаимодействий; принятой системой подчиненности и лидерства; стилям разрешения противоречий и конфликтов; принятым нормам при гендерных, межнациональных и межрелигиозных взаимоотношениях; этическим и нравственным правилам, а также нормам поведения, принятым в организации.

В таблице 3.6 приведены варианты корпоративных культур организации и соответствующий им уровень семантической интероперабельности.

В соответствии с вышеуказанными типами корпоративной культуры можно выделить различные степени реализации семантической интероперабельности в зависимости от ограниченности круга общения АП в организации (таблица 3.7). В данном случае на семантическую интероперабельность влияет количество источников информации, интенсивность взаимодействия с ними, возможность правильной интерпретации и верификации информации за счет получения ее от различных членов как своего, так и других подразделений.



Таблица 3.6 – Корпоративные культуры организации и соответствующий им уровень семантической интероперабельности [63]

Корпоративная культура организации	Описание	Степень семантической интероперабельности
<b>Жесткая иерархическая.</b> Имеются связи только типа «начальник – подчиненный». Взаимодействие с другими членами ограничивается. Обязанности и роли строго регламентируются.	Члены организации не имеют возможности гибко адаптировать свою деятельность или поведение к изменившимся ситуациям, они жестко ограничены в выполнении только определенных действий спускаемых «сверху» начальниками в соответствии со своими обязанностями и ролями. Взаимодействие с другими участниками допускается только по разрешению соответствующих начальников	Минимальный уровень
<b>Гибкая иерархическая.</b> Участники могут сотрудничать с другими участниками в соответствии с политикой «горизонтальных» связей	Участник сотрудничает с другими участниками в рамках решения четко определенных задач. Имеются документы и инструкции, регламентирующие порядок взаимодействия для каждой ситуации, предписывающие какие возможные варианты сотрудничества могут иметь место. Ситуации, не прописанные политиками, ими не охватываются	Низкий уровень
<b>Сетевая.</b> Участники могут проявлять инициативу и самоорганизацию при сотрудничестве с другими участниками	Участники могут гибко адаптировать свое поведение и согласовывать различные роли и задачи в качестве дополнения к указаниям начальства, когда возникают новые ситуации и задачи. Инициатива и самоорганизация поощряются	Высокий уровень

Таблица 3.7 – Возможности члена подразделения по взаимодействию с другими членами организации [63]

Значение	Описание	Степень семантической интероперабельности
Независимость членов подразделения, общность интересов только по необходимости	Участник по существу независим, практически не координируется с другими, за исключением отдельных рабочих моментов	Минимальный уровень
Индивидуальное сотрудничество, общность интересов только по необходимости	Участник сотрудничает с другими участниками в подразделении, имеет небольшую роль в более крупном сообществе по интересам	Низкий уровень
Индивидуальное сотрудничество. В сообществе интересов могут быть участники как из этого подразделения, так и из других подразделений	Участник также сотрудничает с другими членами подразделения, имеет небольшие роли в других подразделениях	Средний уровень

Значение	Описание	Степень семантической интероперабельности
Индивидуальное сотрудничество, сообщество интересов как в этом подразделении, так в других подразделениях	Участник сотрудничает с другими подразделениями и несколькими сообществами интересов	Высокий уровень

Возможности повышения гибкости взаимодействия между подразделениями при реализации сетецентрической корпоративной культуры представлены на рис. 3.17. Показаны следующие варианты взаимодействия [63]:

- все предметные области взаимодействия являются частью некоторого подразделения;
- сообщества интересов формируются на основе нескольких предметных областей через которые члены подразделения способны сотрудничать для достижения общих целей и решения общих задач;
- предметные области взаимодействия относятся по меньшей мере к одному подразделению и имеют общность интересов по умолчанию, связанную с этим подразделением;
- подразделения могут включать несколько сообществ интересов, участники которого взаимодействуют в различных предметных областях;
- сообщества интересов могут охватывать несколько подразделений;
- сообщества интересов могут охватывать несколько предметных областей взаимодействия.

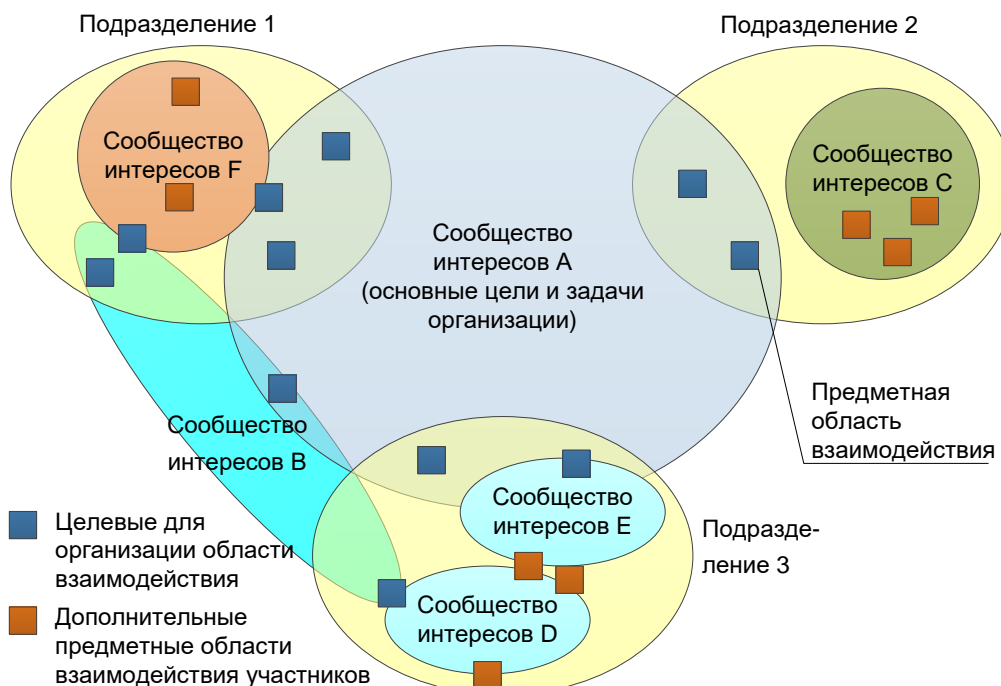


Рис. 3.17. Подразделения, сообщества интересов и предметные области взаимодействия при реализации сетецентрической корпоративной культуры [63]

Повышение «горизонтальных» связей между сотрудниками организаций, поощрение их готовности взаимодействовать между собой и обмениваться информацией будет определять степень «сетевости» корпоративной культуры организации. Ограничивающим аспектом этой «сетевости» является применяемая в организации политика информационной безопасности, определяющая риск, который готова принять на себя организация в отношении несанкционированного разглашения конфиденциальной информации. Это обусловлено тем, что в контурах управления организаций как правило имеется конфиденциальная информация, распространение которой нежелательно (например, информация, представляющая собой ноу-хау производства или коммерческую тайну). В этом случае повышение открытости взаимодействия будет повышать риски нежелательной утечки конфиденциальной информации за пределы подразделений, которые работают с такой информацией.

Еще одним негативным фактором повышенной открытости обмена информацией в организации может быть чрезмерная зависимость бизнес-процессов организации или качества выполнения служебных обязанностей отдельных ее членов от интенсивности, достоверности, полноты и оперативности поступающей информации. В этом случае, снижение доступности информации или введение в контур управления недостоверной (ложной) информации принесет гораздо больший ущерб качеству бизнес-процессов, по сравнению с организацией имеющей жесткую иерархическую корпоративную культуру и не реализующую принципы открытого обмена информацией.

### **3.4.3. Факторы ориентированности человека на следование целям, инструкциям и поведенческим шаблонам той организационной системы, частью которой он является**

При обеспечении семантической совместимости важно, чтобы АП, являющиеся частями (компонентами) организационной подсистемы ОТС, разделяли и следовали целям, инструкциям и поведенческим шаблонам той ОТС, частью которых они являются.

Вопросы миссии, цели, стратегии развития, корпоративной культуры организаций глубоко изучаются в теории менеджмента и организационного управления. Отметим, что если убеждения, цели и ценности АП не соответствуют таковым в корпоративной культуре организации, то такие АП начинают «саботировать» исполнение своих обязанностей, формировать параллельную семантическую сеть взаимодействий, направленную на достижение своих целей, а не целей организации. Такое может происходить, когда декларируемые цели, стратегия развития и корпоративная культура организации является фактически «прикрытием» для других «реальных» целей и это быстро воспринимается АП в ее составе.

По мнению автора, примером этого может служить поздний СССР, когда в качестве целей декларировалось построение общества всеобщего равенства и благополучия, а в реальности отдельные АП, в составе соответствующей организационной системы, были заняты исключительно личным обогащением.

Семантика взаимодействия в виде <информация, цель, предметная область, контекст> предполагает, что цели АП совпадают и соответствуют целям и миссии организации. Если этого не происходит, то из семантического взаимодействия выпадает одна из ее основных частей. Взаимодействие АП становится «бесцельной» имитацией такого взаимодействия – взаимодействием для «галочки» или для отчетности (что достаточно часто можно наблюдать в переписке бюрократических организаций). Другим вариантом модификации взаимодействия <информация, цель, предметная область, контекст>, в случае если цели АП не совпадают с целями и миссией организации, является подмена заинтересованными АП декларируемой цели взаимодействия на свою реальную цель. В результате, под прикрытием декларируемых целей, формируется семантическая сеть взаимодействия АП с альтернативными целями, в достижении которых в действительности заинтересованы АП, и которые в большинстве случаев деструктивно влияют на функционирование организационной системы.

#### **3.4.4. Контекст человеческого взаимодействия**

В целом, основные параметры контекста взаимодействия агентов на семантическом уровне были рассмотрены в п. 3.3. Однако, рассматривая особенности именно взаимодействия АП – АП нужно дополнительно рассматривать и другие контекстные параметры, характерные именно для людей, которые могут существенно повлиять на семантическую интероперабельность и правильность интерпретации смысла передаваемых сообщений:

- психологическое состояние взаимодействующих АП;
- психологическое различие взаимодействующих АП;
- национальное различие взаимодействующих АП;
- культурное различие взаимодействующих АП;
- религиозное различие взаимодействующих АП;
- различие взаимодействующих АП, обусловленных историческими событиями;
- различие социальных и организационных ролей, взаимодействующих АП;
- различие взаимодействующих АП в логике принятия решений;
- различие взаимодействующих АП в уровне образования, знаний, опыта, интеллекта;
- эмоциональная окраска передаваемых сообщений;
- подтекст или скрытый смысл передаваемых сообщений;
- универсальность или специализированность терминов и понятий, используемых при формировании сообщений.

Кроме того, дополнительными негативными факторами контекста, которые могут снизить интероперабельность информационного взаимодействия пользователей друг с другом можно отнести следующее [106, 111]:

- значительные физические усилия при осуществлении деятельности (перемещение грузов, поддержание тяжестей, нажатие на предмет труда и органы управления);

- высокое нервное напряжение (сложность расчетов, особые требования к качеству работ, сложность управления оборудованием, опасность деятельности для жизни и здоровья, особая точность работ);
- высокий темп деятельности (большое количество движений в единицу времени);
- рабочее положение (положение тела человека и его органов: удобное, ограниченное, неудобное, неудобно-стесненное, очень неудобное);
- монотонность работы (многократное повторение однообразных кратковременных операций, действий, циклов);
- температура, влажность, тепловое излучение в рабочей зоне;
- загрязненность воздуха (наличие и качество примесей в воздухе рабочей зоны);
- наличие постороннего шума (наличие, частота, сила звука);
- вибрация, вращение, толчки;
- недостаточная освещенность в рабочей зоне;
- негативные факторы химически-, электрически- и радиационно-опасных производственных процессов;
- негативные факторы биологически-опасных и медицинских производственных процессов.

### **3.5. Параметры семантической интероперабельности человеко-машинных интерфейсов**

При решении целевых задач ОТС важную роль играет интероперабельность ЧМИ как основного связующего звена между совокупностью технических аппаратно-программных компонентов ОТС и ее организационной частью – АП. АП, с одной стороны, являются основным органом управления в ОТС, ввиду того, что именно на них возлагается ответственность за принятие окончательных решений, ввод управляющих команд и прогнозирование траектории дальнейшего поведения всей системы в целом, с другой стороны, АП – это люди которым свойственна субъективность в восприятии представляемой им информации, неточность ее правильной интерпретации, высокая вероятность ошибочных действий в сложных или нестандартных ситуациях. Дополнительным недостатком человека в контуре управления ОТС является его неспособность, в отличие от ТС, обеспечить в сжатые сроки высокоскоростную многопараметрическую обработку динамически меняющейся информации, поступающей по различным каналам. С учетом этого, резко возрастает требования к эффективности ЧМИ, способности этих интерфейсов из всего того гигантского объема информации, циркулирующей в ОТС, предоставить АП наиболее ценную и актуальную информацию, в максимально полной и ясной форме, для того чтобы он принял на ее основе правильное решение, в наибольшей степени соответствующее текущей ситуации, и далее максимально быстро передал соответствующие команды или управляющие воздействия техническим компонентам ОТС или подчинённым подразделениям.

Зачастую, даже несмотря на достижение высокой степени интероперабельности ТС, на что и направленно подавляющее большинство работ в этой области, общая степень интероперабельности всей ОТС может остаться низкой, если не озаботится повышением информационной эффективности и эргономичности ЧМИ. Эти интерфейсы в ОТС выступают своеобразным «бутылочным горлышком» через которое большой объем многопараметрической информации, циркулирующей в контуре ТС, должен быть предоставлен низко производительным, но наиболее важным компонентам системы – людям-АП. Существующие ЧМИ должны компенсировать невысокую производительность АП, их неспособность обрабатывать большие объемы информации, акцентировать ограниченный ресурс их внимания на наиболее важных и срочных задачах. Фактически ЧМИ сложных ОТС должен является своеобразной интеллектуальной системой поддержки принятия решений (СППР), принимая решения о выборе той или иной информации и форме ее представления, которая из технической части ОТС поступит ее организационным компонентам – АП, с учетом их физиологических ограничений, психического профиля, перечня решаемых задач и проч. При этом нельзя забывать, что эргономика ЧМИ должна рассматриваться не сама по себе, а в контексте ее влияния на повышение эффективности функционирования всей ОТС в целом, в частности, по одному из ее ключевых свойств – степени обеспечения интероперабельности.

Вопросы интероперабельности ЧМИ достаточно полно изложены в более ранней работе автора [32] и в этой монографии подробно эти вопросы не рассматриваются.

В частности, в работе [32], применительно к семантической интероперабельности ЧМИ, представлена мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС. Применительно к данной модели рассмотрены:

- общая схема семантического взаимодействия агентов в ОТС посредством ЧМИ;
- особенности взаимодействия АП и ТА по направлениям «АП – ЧМИ – ТА» и «АП – ЧМИ – ТА – ЧМИ – АП»;
- дополнительные особенности, влияющие на семантическую интероперабельность – лингвистическая совместимость агентов, использование терминологии в узкоспециализированных предметных областях, особенности речевого взаимодействия агентов-пользователей.

Определены проблемные вопросы организации семантического взаимодействия с использованием ЧМИ. К ним можно отнести:

- проблемы передачи неявной информации пользователей и формирования неявных знаний в ИТС;
- проблемы создания ЧМИ для взаимодействия с интеллектуальными робототехническими системами;
- проблемы формирования интеллектуальных ЧМИ для взаимодействия с информационными системами обработки больших данных.

Сформулированы основные особенности семантического взаимодействия пользователя с ЧМИ. Рассмотрены основные каналы восприятия пользователя

(визуальный, слуховой, тактильный) и эффекторы ввода/вывода информации посредством ЧМИ, а также особенности передачи по ним информации различного типа. Проведен краткий анализ психических особенностей и состояний пользователей, значимых для эффективности их семантического взаимодействия с ЧМИ. Подводя итоги рассмотрения семантической интероперабельности ЧМИ, сформулированы основные требования к информации, передаваемой посредством ЧМИ, а также к ЧМИ управляющих и информационных систем.

### **Основные выводы по 3 главе**

Разработана мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС (п. 3.1), которая, по мнению автора, представляет собой базис, в рамках которого могут формализовываться и исследоваться процессы семантического взаимодействия различных компонентов ОТС – как организационных, так и технических. Показано, что ЛПР, пользователи и персонал в составе ОТС могут быть формализованы как агенты-пользователи (АП), а технические средства и подсистемы – как технические агенты (ТА). При этом ТА могут быть, в зависимости от своей сущности, дополнительно классифицированы на интеллектуальные ТА (ИТА), которые могут выполнять интеллектуальные функции, обычно свойственны человеку, и реактивные ТА (РТА), которым свойственны простые реакции типа «входное воздействие – реакция». Предложено понятие «взаимодействие», которое является сверткой категорий «информация», «цель взаимодействия», «предметная область взаимодействия», «контекст взаимодействия».

Рассмотрен комплекс «совместимостей» и частных аспектов «взаимодействий», интегрально определяющих семантическую интероперабельность. В частности, рассмотрена семантическая совместимость взаимодействия агентов различных типов в ОТС (п. 3.2) – представлены особенности и основные составляющие межагентного взаимодействия, значимые для правильной интерпретации смысла обмениваемой информацией (п. 3.2.1-3.2.2). Представлены особенности взаимодействия и семантическая совместимость ТА (п. 3.2.3), как интеллектуальных, так и реактивных. Рассмотрены особенности взаимодействия и семантическая совместимость АП (п. 3.2.4), в том числе такие как: синтаксическая и лингвистическая совместимость, совместимость знаний и понятий в предметных областях, особенности вербального (речевого) взаимодействия. Подняты проблемы передачи неявной информации и формирования неявных знаний при семантическом взаимодействии (п. 3.2.5), как АП, так и ИТА.

Представлены контекстные параметры взаимодействия (п. 3.3).

Ввиду высокой зависимости семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики рассмотрены основные «человеческие факторы», определяющие интерпретацию смысла информации, циркулирующей в ОТС (п. 3.4), в том числе: психические состояния, выполняемые обязанности, тип организации, корпоративная культура, поведенческие шаблоны, контекст человеческого взаимодействия (национальный, религиозный, исторический и т.д.).

Указаны, но подробно не рассмотрены, основные параметры семантической интероперабельности ЧМИ (п. 3.5), которые ранее были в довольно полном виде представлены в работе [32] – основные каналы восприятия пользователя (визуальный, слуховой, тактильный) и эффекторы ввода/вывода информации посредством ЧМИ, а также особенности передачи по ним информации различного типа. Проведен краткий анализ психических особенностей и состояний пользователей, значимых для эффективности их семантического взаимодействия с ЧМИ. Подводя итоги рассмотрения семантической интероперабельности ЧМИ, сформулированы основные требования к информации, передаваемой посредством ЧМИ, а также к ЧМИ управляющих и информационных систем.

В основу 3-ей главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора [25, 26, 29, 30, 32].



## 4. Технический уровень интероперабельности

*Технический уровень интероперабельности* – уровень интероперабельности, на котором формализуются процессы информационного взаимодействия между техническими системами, техническими средствами, аппаратными и программными комплексами с учетом особенностей реализации их интерфейсов и протоколов обмена информацией, а также форм и форматов представления информации.

Соответственно рассматривая информационное взаимодействие ОТС на этом уровне можно ввести понятие «техническая интероперабельность».

*Техническая интероперабельность* – способность к обмену данными между участвующими в обмене системами с использованием технических средств [40].

Технический уровень интероперабельности соответствует обеспечению единых стандартов формирования, передачи, хранения, поиска, обработки и представления информации. На этом же уровне решаются задачи обеспечения совместимости форматов данных, во всех вышеуказанных процессах, а для сетевой инфраструктуры – единство телекоммуникационных протоколов и требований к качеству обслуживания. В связи с широким распространением кибератак на этом же уровне отдельно выделяются вопросы информационной безопасности и рассматривается функционирование различных технических подсистем: комплексов управления, связи и прочих аппаратно-программных комплексов. Здесь также рассматриваются вопросы технологической готовности различных технических комплексов и систем к информационному взаимодействию между собой, а также эргономики ЧМИ. В целом технический уровень решает практически все задачи информационной совместимости разнообразных технических, радиоэлектронных, аппаратных и программных средств.

Зачастую именно этот уровень интероперабельности имеется ввиду при использовании терминов «обеспечение информационной совместимости» или «обеспечение технической совместимости», что соответствует несистемному и неполному пониманию понятия «интероперабельность». Несмотря на кажущуюся схожесть, интероперабельность является гораздо более широким понятием нежели техническая и информационная совместимость. Так, если обеспечение технической совместимости систем предполагает формирование и внедрение лишь общих интерфейсов, протоколов и стандартов обмена данными, то интероперабельность помимо этих мероприятий, как будет показано далее, требует решения множества других задач, учета совокупности различных аспектов и параметров на всех трех уровнях эталонной модели: организационном, семантическом и техническом.

Необходимо отметить, что в настоящее время уже известно большое количество исследований по вопросам технической интероперабельности, например работы [8, 10, 24, 36, 41, 45, 48, 49], однако работы, направленные на глубокую проработку вопросов технической интероперабельности на основе интеграции отечественной эталонной модели интероперабельности [15], SCOPE-

модели [63] и NIF [64], – отсутствуют. В связи с этим проведение исследований в этой области представляется весьма актуальным.

Аспекты и параметры, составляющие содержание семантического уровня интероперабельности, представлены на рис. 4.1. Каждый из этих аспектов будет далее подробно рассмотрен в отдельном подразделе.

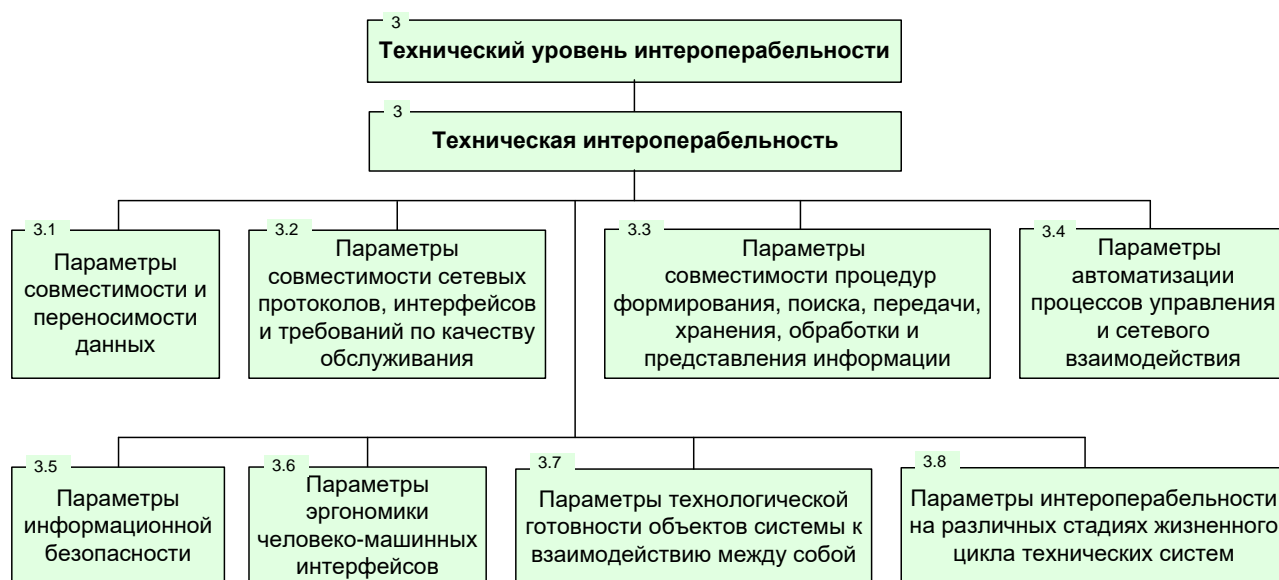


Рис. 4.1. Аспекты и параметры, составляющие содержание технического уровня интероперабельности

В основу материала данной главы положено обобщение более ранних работ автора [20, 21, 23, 27, 31-33], посвященных различным вопросам технической интероперабельности.

## 4.1. Параметры совместимости и переносимости данных

### 4.1.1. Общие аспекты совместимости и переносимости данных

В общем случае под совместимостью и переносимостью в вычислительной технике понимается следующее.

*Совместимость* – способность объекта взаимодействовать и функционировать с другими объектами без каких-либо ограничений [62].

*Переносимость* – способность объекта относительно легко быть перенесенным с аппаратно-программной платформы одного типа на платформу другого типа [115].

По отношению к данным, можно дать следующее определение.

*Совместимость данных* – способность различных систем адекватно воспринимать и единообразно интерпретировать одинаково представленные данные.

*Переносимость данных* – способность данных относительно легко быть перенесенным с аппаратно-программной платформы одного типа на платформу

другого типа с сохранением их смысла и содержания, без необходимости их повторного ввода.

*Данные* – поддающееся многократной интерпретации представление информации в формализованном знаково-символьном виде, пригодном для формирования, сбора, хранения, передачи, обработки или представления в информационных системах [62].

Отметим, что понятия совместимости и переносимости данных можно рассматривать применительно к 2-м основным типам данных:

1. данные, содержащие пользовательскую или полезную информацию в знаково-символьной форме;
2. программы – данные, предназначенные для обработки данных первого типа: исходные тексты, исполнительные коды, сценарии или инструкции программ.

Задача совместимости и переносимости данных 1-го типа, является насущной необходимостью по мере роста числа используемых форматов данных. В связи с этим насущной необходимостью является переход к открытым или универсальным форматам хранения данных. Решающим шагом на пути формирования единого формата данных и организации универсального доступа к ним стал язык гипертекстовой разметки HTML (Hypertext Markup Language), используемый для формирования документов в сети Интернет. Однако со временем выявились недостатки этого языка, обусловленные тем, что в процессе своего развития он частично потерял свою совместимость с определенным числом браузеров и частично – переносимость данных. Дальнейшее развитие идеологии языка гипертекстовой разметки, привело к созданию расширяемого языка разметки гипертекстов XML (Extensible Markup Language). Язык XML, так же, как и HTML, может использоваться для описания гипертекстовых документов, однако он предоставляет пользователю широкие возможности по созданию своих собственных языков описания гипертекстовых документов, вместе с тем обеспечивая совместимость пользовательских данных. Созданный с помощью XML язык пользовательский разметки может отражать специфические потребности конкретной фирмы или пользователя. После создания, такой специализированный язык может использоваться, наряду с HTML, для описания формата самых различных данных. Формат XML обеспечивают в настоящее время не только возможности создания совместимых и переносимых документов, но и универсальный способ обмена данными между приложениями. На основе XML были разработаны такие широко используемые протоколы, как SOAP, UDDI, WSDL, ebXML и ряд других. При этом язык программирования Java содержит в себе развитые функции работы с XML документами, в результате чего в настоящее время сочетание Java и XML является основой создания совместимых и переносимых приложений и данных [116].

Как указано выше, еще одной проблемой совместимости и переносимости является обеспечение этих свойств применительно к программам. До сих пор на многих промышленных предприятиях приходится поддерживать и по возможности модернизировать старые приложения, работающие в операционной системе (ОС) MS DOS только потому, что они выполняют узкоспециализиро-

ванные функциональные задачи (например, управление промышленными роботами), аналоги которых отсутствуют в новых версиях ОС. Обеспечение переносимости программ между различными платформами может быть обеспечена путем использования универсальных исходных кодов, например, путем их написания на языке С. В настоящее время программы на языке С могут быть скомпилированы для работы как в ОС Unix, так и ОС Windows. Кроме того, исходные коды программ, написанных на языке С, без особых проблем переносятся на другие разные платформы. Сложности возникают, когда требуется обеспечить переносимость программ на уровне исполняемых кодов, т.е. чтобы одна и та же программа без дополнительной перекомпиляции могла выполняться под управлением различных ОС (Windows, Sun Solaris, IBM AIX и т.п.). В настоящее время эта задача решается средствами языка программирования Java. Реализация байт-кода и виртуальных машин для его выполнения на современных аппаратно-программных платформах обеспечивает для многих приложений достаточно высокую эффективность выполнения. При этом язык программирования Java содержит в себе развитые функции работы с XML документами, в результате чего в настоящее время сочетание Java и XML является основой создания совместимых и переносимых как программ, так и пользовательских данных [116].

В работе [117] показано, что совместимость и переносимость данных, содержащих информацию, может быть обеспечена на основе 3-х основных подходов:

1. консолидация данных по принципу «выгрузка – преобразование – загрузка» – ETL (ExtractTransform-Load). При использовании подхода ETL исходные данные собираются из различных источников, полученные данные преобразовываются в соответствие с целевым форматом, переработанные данные загружаются в систему хранения данных;
2. интеграция данных в реальном времени с использованием федеративных запросов – ЕИ (Enterprise Information Integration). Подход ЕИ позволяет представлять множество источников и хранилищ данных в качестве единого виртуального пространства. При поступлении запроса пользователя, с помощью инструментов федерализации, осуществляется извлечение требуемых данных из источников и хранилищ данных, их обработка и интеграция в соответствие с правилами, определенными заранее, и представление результата пользователю;
3. синхронизация разнородных данных с помощью промежуточного программного обеспечения (ПО) – MOM (Message-Oriented Middleware). Подход MOM предоставляет возможности синхронной или асинхронной передачи данных между системами управления базами данных (СУБД) и приложениями ОТС, выполняющими обработку данных.

Основными способами, с использованием которых может быть обеспечена переносимость и совместимость данных, являются [117, 118]:

1. обмен на основе файлов – наиболее распространенный способ обмена данными и взаимодействия приложений;

2. обмен на основе шлюзов данных – используется для доступа или обмена данными между различными базами данных (БД), при этом шлюз данных выполняет функции преобразования формата данных и запросов к ним, а также распределение данных между приложениями;
3. репликация данных – процесс обмена данными с целью приведения двух или более БД в идентичное состояние;
4. использование технологии web-сервисов, которые представляют собой удобное средство интеграции приложений, работающих с данными, и позволяют легко реализовать межплатформенное взаимодействие. Web-сервисы представляют собой объекты, находящиеся в определенных отношениях между собой, имеющие входные и выходные порты для входных и выходных данных и реализующие определенные функции обработки данных;
5. использование сервис-ориентированной архитектуры SOA (Service-Oriented Architecture). Система, реализованная по принципам SOA, представляет собой совокупность программных компонентов, а именно сервисов, имеющих стандартные интерфейсы для доступа к ним посредством сети и использования этих компонентов, при этом интерфейсы в SOA независимы от платформ развертывания сервисов и технологий их реализации;
6. использование архитектуры с управляемыми событиями EDA (Event Driven Architecture), которая является развитием архитектуры SOA и способна адаптироваться к потокам данных в бизнес-процессах. В EDA процессы могут выполняться как синхронно, так и асинхронно, при этом архитектура EDA может быть перепрограммируема при возникновении изменений в бизнес-процессах. Кроме того, система, реализованная на основе EDA, способна воспринимать события из внешней среды;
7. использование технологии интеграционных серверов/брокеров, которые представляют собой промежуточные серверы в виртуальной среде данных, шлюзы, осуществляющие обработку потоков данных и запросов, а также распределение данных между приложениями, имеющими различные интерфейсы. В ядре такого сервера/брокера хранятся правила, на основе которых, а также полученных данных, выполняются вычислительные операции, анализ и принятие решений.

Следует иметь в виду, что переносимость и совместимость данных в реальных системах редко соответствует категориям «совместимость есть» / «совместимости нет» и «переносимость есть» / «переносимости нет». Чаще всего следует рассматривать категорию «обеспечение переносимости и совместимости с учетом затрат на реализацию». Для определения целесообразности реализации свойств переносимости и совместимости данных требуется анализ преимуществ и затрат. По итогам такого анализа проектировщик системы может прийти к решению о том, что в ряде случаев реализация свойств переносимости и совместимости данных потребует неоправданно больших финансовых, ресурсных или временных затрат. Кроме того, вопросы обеспечения совмести-

сти и переносимости не ограничиваются затратами; они также сопряжены с реализацией некоторых рисков, например, повышение совместимости и переносимости данных, увеличивает риски нарушения их информационной безопасности.

Совместимость и переносимость данных в ОТС, прежде всего, обеспечиваются единообразием и универсальностью используемых форматов данных, как внутри системы, так и для взаимодействия с внешними системами. Для обеспечения этих свойств данных все компоненты ОТС должны обладать возможностью работать с теми форматами данных, которые используются в системе.

*Формат данных* – порядок расположения и форма представления данных в виде отдельных блоков, содержащих помимо непосредственно самих данных, еще и служебную информацию, облегчающую и упорядочивающую формирование, сбор, хранение, передачу, обработку или визуализацию данных [24].

Совместимость и переносимость данных – это важные свойства данных. Без обеспечения этих свойств, с одной стороны, не будет достигнута семантическая интероперабельность, т. к. сама возможность обмениваться данными в некотором универсальном знаково-символьной формате подразумевает обмен информацией, с последующей однозначной интерпретации ее смысла (семантики), с другой стороны, эти свойства являются фундаментальными для обеспечения остальных аспектов технической интероперабельности, которые будут просто невозможными если не будет обеспечена совместимость и переносимость данных. Вследствие этого свойство обеспечения универсальности формата данных, в некоторых работах (например в [119, 120] ) выделяют в отдельный вид интероперабельности – синтаксическую интероперабельность.

*Синтаксическая интероперабельность* – вид интероперабельности, позволяющей участвующим системам единообразно воспринимать и интерпретировать форматы информации/данных, которыми они обмениваются.

Синтаксическая интероперабельность, обеспечивается, прежде всего, единообразием форматов данных, для хранения целевой информации и едиными правилами структурирования данных, чтобы из формата данных можно было понять способ их передачи, хранения и обработки. Правила, определяющие структурирование данных, должны позволять обнаруживать и справлять синтаксические ошибки формата в искаженных или неполных данных. При обеспечении переносимости данных, синтаксис одного формата может быть преобразован в синтаксис другого формата. Там, где возможно точное преобразование синтаксиса, системы могут взаимодействовать без потерь. Примерами синтаксисов форматов данных могут быть форматы: HTML, XML, JSON, и синтаксисы, описанные средствами ASN.1 [119]. Способы синтаксического представления данных и их форматы должны изменяться по мере того, как технологическое развитие привносят новую функциональность или улучшают производительность службы. Вполне вероятно, что используемые форматы данных будут резко меняться в течение жизненного цикла системы. В целом, невозможно «заморозить» внутренние форматы данных таким образом, чтобы не препятствовать будущим инновациям. Лучше уже на этапе проектирования системы

предусмотреть возможность перехода на новые форматы данных, в случае если это потребуется для повышения функциональности системы.

Как будет показано далее, обеспечение универсальности формата данных, это важное, не единственное условие обеспечения совместимости и переносимости данных. Для обеспечения этих свойств необходимо обеспечить совместимость процедур на всем жизненном цикле данных.

В соответствии со стандартом [121] жизненный цикл данных включает в себя следующие этапы (рис. 4.1):

- формирование данных;
- передача и сбор данных;
- хранение данных, в том числе и архивация, в интересах долговременного хранения данных;
- обработка данных (очищение, компиляция, преобразование, слияние, агрегирование и др.);
- использование данных – применение данных для решения различных пользовательских задач, главным образом, представление данных пользователю в том или ином виде в интересах информирования о состоянии целевых процессов, либо принятия управленческих решений;
- уничтожение (удаление) данных.

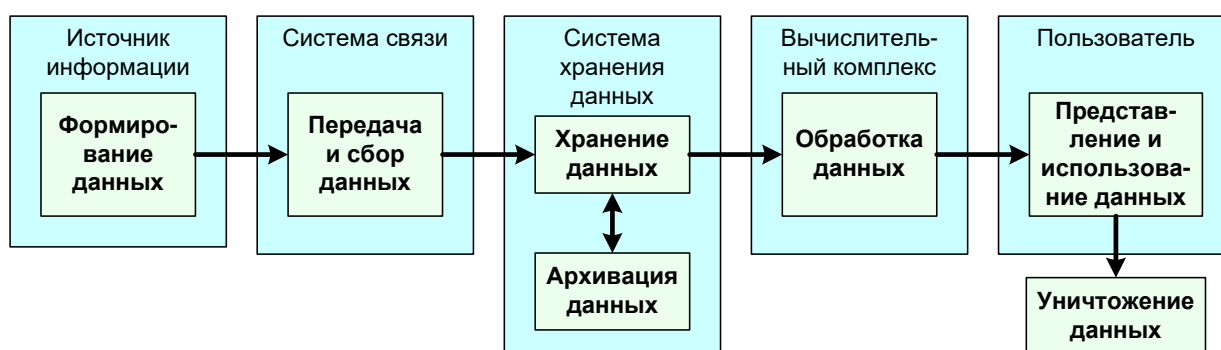


Рис. 4.1. Жизненный цикл данных

Процессы работы с данными на этапах жизненного цикла существенным образом зависят от особенностей реализации аппаратно-программных платформ, используемых в ОТС. В связи с этим требуется дополнительно обеспечить совместимость и переносимость аппаратных и программных компонентов платформ, на которых реализуются этапы жизненного цикла данных.

*Аппаратная совместимость* – способность аппаратных и технических средств одной системы (платформы) функционировать и взаимодействовать с аналогичными средствами другой системы (платформы) [122].

*Программная совместимость* – способность программных средств одной системы (платформы) взаимодействовать и обмениваться данными с программными средствами другой системы (платформы) [122].

*Аппаратная переносимость* – возможность аппаратных и технических средств быть включенными в состав различных систем (платформ) с сохранением их работоспособности и качества функционирования [123]. Как правило аппаратная переносимость обеспечивается использованием различных специа-

лизированных аппаратно-зависимых модулей (драйверов) в составе ОС и системного ПО, которые изолируют от остальных программ особенности реализации информационных процессов в конкретных аппаратных средствах предоставляя программам универсальный типовой интерфейс взаимодействия.

*Программная переносимость* – возможность переноса программы из исходной системы (платформы) в другую систему (платформу) с сохранением ее функциональности в новой системе (платформе) [119].

Далее подробно рассмотрим вопросы обеспечения совместимости и переносимости данных на основных этапах жизненного цикла данных – формирование, передача, хранение, обработка и представление данных. С учетом этих этапов, общие параметры совместимости и переносимости данных можно декомпозировать так, как это показано на рис. 4.2.

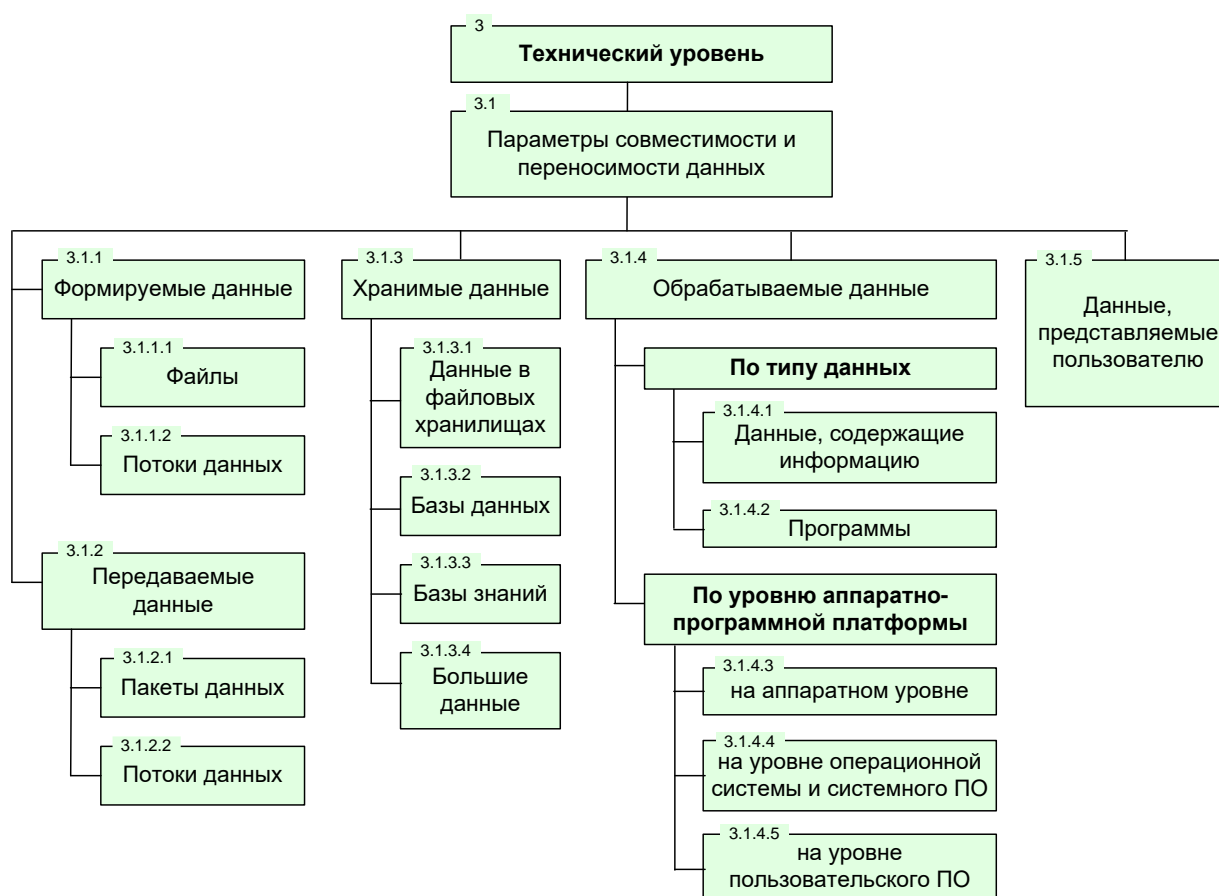


Рис. 4.2. Декомпозиция параметров совместимости и переносимости данных

#### 4.1.2. Формируемые данные: файлы, потоки данных

Для эффективного функционирования сетевой среды ОТС необходимо обеспечить сбор и использование данных обо всех участниках и объектах целевых процессов, их состоянии и параметрах, данных о состоянии окружающей среды и самой системы. Эти данные формируются источниками данных, которые могут представлять собой как технические средства, различной природы



(датчики, сенсоры, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) системы, средства наблюдения и т.д.), так и людей – пользователей системы.

В общем случае источники данных можно разделить на два типа:

- внутренние источники данных – отдельные элементы, подсистемы и компоненты СЦИУС;
- внешние источники данных – другие системы, внешние или временно подключаемые компоненты.

Источники данных могут формировать данные, соответствующие одному или несколькими типам информации: числовые значения неких параметров, значения логических переменных (true/false), символьные данные (текст), изображения, аудиоданные, видео, а также другие типы.

Формируемые данные могут быть представлены в следующих форматах:

- а) в виде отдельных файлов – в этом случае формат файла соответствует типу данных, которые в нем содержатся (числовые значения, текст, изображения, аудиоданные, видео и т.д.);
- б) в виде непрерывного потока данных, при этом такие потоки по своему формату могут быть:
  - структурированные – поток данных, имеет формат отдельных блоков, кадров, пакетов, структура которых заранее определена стандартами или протоколом формирования данных, что позволяет относительно легко обработать такой поток на приёмной стороне;
  - неструктурированные – поток данных, не имеет какого-либо стандартного формата и, как правило, представляет собой непрерывную последовательность байт.

*Файл* – совокупность данных определённого размера, размещённая на внешних устройствах хранения, рассматриваемая в процессе обработки как единое целое.

*Формат файла* – стандартизованная структура и способ организации данных для хранения их в файле.

*Поток данных* – последовательность непрерывно генерируемых данных. В отличие от файла поток данных не имеет какого-либо определённого размера или завершённой конечной реализации.

*Формат потока данных* – стандартизованная структура и способ организации данных в непрерывном потоке.

В современных ОТС данные, как правило, формируются источниками либо в виде файлов определённого типа (если источник данных имеет соответствующий объём собственной памяти), доступ к которым осуществляется удаленно по сетевой инфраструктуре системы, либо в виде структурированного потока данных, который передается по сети в место хранения или обработки (если источник данных не имеет собственной памяти для хранения формируемых данных).

Примерами форматов файлов, которые в настоящее время получили наибольшее распространения, являются:

- форматы структурированных данных – CSV, XMI, BIN, DAT, RAW, EDI, DICOM, SDXF и др.;

- форматы файлов документов – DOC, TXT, RTF, PDF, PS, ODT и др.;
- форматы файлов изображений без сжатия – PNG, TIFF, RAW и др.;
- форматы файлов изображений со сжатием – JPEG, BMP и др.;
- форматы файлов с аудио-данными – MP3, WMA, OGG, AAC, AC3, WAV, DTS, FLAC и др.;
- форматы файлов с видео-данными – AVI, MPEG, WMV, MKV и др.;
- форматы файлов с архивными сжатыми данными – ZIP, GZIP, LZX, RAR, 7Z и др.

Примерами форматов структурированных потоков данных, которые в настоящее время получили наибольшее распространения, являются – CSV, BIN, DAT, RAW и др.

Для корректного функционирования ОТС в ее составе должны использоваться только верифицированные источники данных, гарантирующие формирование данных, с требуемым качеством.

*Качество данных* – интегральный показатель, отражающий степень пригодности данных к решению задач пользователя.

В соответствии со стандартами [121, 124] качество данных оценивают по следующим частным показателям:

- *полнота данных* – данные отражают все ожидаемые характеристики исследуемых объектов в ожидаемом объеме; состав и объем данных достаточен для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения;
- *достоверность данных* – соответствие данных реальному состоянию исследуемых или наблюдаемых объектов, фактов, событий или явлений;
- *точность данных* – степень искажения данных находится в допустимых пределах, а значения числовых параметров в пределах допустимой погрешности;
- *согласованность данных* – в данных отсутствуют внутренние противоречия, идентичные данные из различных источников совпадают;
- *целостность данных* – данные не были изменены при выполнении какой-либо операции (изменение, сбор, преобразование и т.д.);
- *обоснованность данных* – собранные данные отвечают поставленным целям и задачам;
- *расхождение данных во времени* – соответствие собираемых данных времени их возникновения;
- *уникальность данных* – в данных отсутствуют дубликаты;
- *валидность данных* – данные соответствуют ожидаемому формату, значения находятся в ожидаемых диапазонах и имеют ожидаемую точность.
- *доступность данных* – состояние данных при котором субъекты, имеющие права доступа к данным, могут беспрепятственно получить доступ к данным;

- *своевременность данных* – предоставление доступа к данным в заданные сроки, когда данные сохраняют свою точность и могут быть использованы для принятия решений пользователями.

В процессе формирования данных необходимо избегать факторов, снижающих качество данных. К основным факторам, вызывающим снижение качества данных, относятся следующие:

- пропуск значений;
- наличие дублирования данных;
- противоречия в данных;
- аномальные значения и выбросы;
- шум;
- отсутствие полноты данных;
- нарушения целостности данных;
- некорректные форматы данных;
- фиктивные значения;
- ошибки ввода данных;
- нарушения структуры данных.

Для рациональной организации процедур формирования данных, в отношении их источников необходимо определить:

- цели и задачи, являющиеся основанием для формирования данных;
- требования к качеству формируемых данных;
- перечень, тип, формат и объем формируемых данных;
- способы и средства формирования данных;
- дальнейшие действия (передача, хранение, обработка и т.д.), которые предполагается выполнять с формируемыми данными.

Таким образом, для обеспечения совместимости и переносимости данных, формируемых различными источниками в ОТС, в рамках решения задачи обеспечения технической интероперабельности, необходимо:

- обеспечить совместимость типов передаваемой информации (цифровая, символьная, текст, изображение, аудио, видео);
- обеспечить совместимость и переносимость форматов файлов, в которые упаковывается формируемая информация;
- обеспечить совместимость и переносимость форматов потоков данных, в случае если формируемая информация немедленно передается без ее промежуточного хранения источником данных;
- обеспечить верификацию источников данных в системе, а также соответствие формируемых данных требованиям по качеству: по точности, по полноте, по согласованности и т.д.

*Верификация данных* – проверка данных на достоверность, правильность, точность.

### **4.1.3. Передаваемые данные: пакеты сетевых протоколов, потоки блоков данных**

Сформированные данные инкапсулируются в пакеты или структурированные потоки для дальнейшей передачи. Формат пакета определяется сетевым протоколом, формат блока (модуля, контейнера, ячейки) потока данных – технологией передачи.

Примерами наиболее распространенных форматов, являются [123]:

- форматы пакетов сетевых протоколов – в соответствии со спецификациями сетевых протоколов Ethernet, IP, TCP, UDP, ATM, MPLS и др.;
- форматы блоков (модулей, контейнеров, ячеек) потоков данных – в соответствии со спецификациями технологий коммутации каналов PDH, SDH, OTN и др.

Особенностью форматов пакетов (сообщений, кадров и т.д.) сетевых протоколов является то, что они инкапсулируются друг в друга, в соответствии с иерархией модели OSI (Open System Interconnect). Протоколы более нижних уровней OSI инкапсулируют в себя пакеты с более верхних уровней и добавляют к ним свои заголовки. Это позволяет обеспечить совместимость различных сетевых протоколов при продвижении пакетов по сетевой инфраструктуре ОТС. При отправке сообщения источником оно фрагментируется на отдельные пакеты, формат которых определяется используемым стеком сетевых протоколов. Каждый пакет снабжается заголовком, в котором указывается номер пакета в сообщении, сетевой адрес отправителя и адрес получателя, а также приоритетность пакета. Пакеты независимо друг от друга маршрутизируются по сети. Адресат, при приеме пакетов, выстраивает их в соответствии с номерами что позволяет сформировать отправленное сообщение. Потерянные пакеты перезапрашиваются у отправителя.

Особенностью форматов блоков (модулей, контейнеров, ячеек) потоков данных является то, что они представляют собой структурированные определенным образом данные, которые непрерывно передаются от отправителя к адресату внутри виртуальных соединений. Структура формата блоков данных полностью определяется спецификаций используемой технологии передачи. Соединения при такой передаче устанавливаются заблаговременно по принципу «точка – точка» и «точка – многоточка» и представляют собой совокупность последовательно скоммутированных виртуальных каналов с фиксируемой или динамически изменяемой пропускной способностью.

Помимо совместимости форматов передаваемых данных, в процессе передачи надо обеспечить совместимость параметров среды передачи (оптическая, проводная, радио-, гидро-среда), а также низкоуровневых сигналов, осуществляющих перенос отдельных битов в пакетах данных.

Кроме того, при передаче, различные типы данных предъявляют различные требования по качеству обслуживания в сети. Необходимо также обеспечить соблюдение этих требований. Более подробная информация об обеспечении качества обслуживания в сети ОТС представлена в п. 4.2.3.

Таким образом, для обеспечения совместимости и переносимости данных (сообщений, пакетов, блоков, кадров, модулей и т.д.), передаваемых по сетевой инфраструктуре ОТС, в рамках решения задачи обеспечения технической interoperability, необходимо:

- обеспечить возможность передачи сообщений в основных средах, ретрансляции их между различными средами передачи;
- обеспечить сигнальную совместимость, при передаче данных в рамках одной среды;
- обеспечить совместимость технологий и стеков сетевых протоколов, используемых в сетевой инфраструктуре ОТС;
- обеспечить совместимость и переносимость форматов сообщений (пакетов), при использовании пакетных технологий, а также форматов структуры блоков (модулей, контейнеров, ячеек) потоков данных, при использовании технологии коммутации виртуальных каналов и соединений;
- обеспечить совместимость, переносимость и требуемое качество обслуживания для сообщений и потоков, в которые инкапсулирована информация различного типа: символьная информация, изображения, аудио- и видео-информация.

#### 4.1.4. Хранимые данные: базы и хранилища

Данные, формируемые источниками, передаются по сетевой инфраструктуре ОТС и по получении записываются в системы хранения данных, в интересах их долговременного хранения, либо для последующей обработки. Системы хранения данных могут представлять собой (рис. 4.3):

- файловые хранилища,
- базы данных (БД),
- базы знаний (БЗ),
- хранилища больших данных.

Структура организации и формат хранимых данных должен обеспечивать, во-первых, их синтаксическую совместимость со средствами обработки, с ПО доступа к данным со стороны пользователей и технических средств ОТС, во-вторых, переносимость данных между различными БД и БЗ.

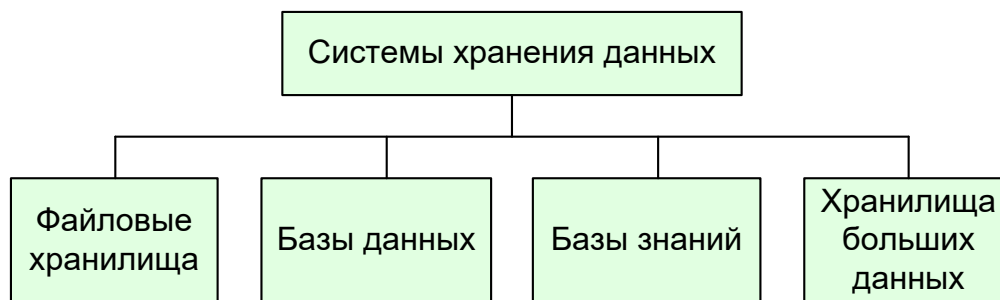


Рис. 4.3. Классификация систем хранения данных

К организации хранения данных предъявляются следующие требования [121].

1) Основные данные должны иметь определенный набор *метаданных* – служебных данных для описания характеристик основных данных в БД, которые используются при организации процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления данных. Метаданные подразделяются на три основных категории:

- описательные метаданные – описывают содержание и состояние основных данных;
- технические метаданные – описывают технические особенности хранения основных данных;
- операционные метаданные – описывают особенности процессов обработки основных данных и доступ к ним.

2) Для основных данных и метаданных необходимо установить требования:

- по частоте обновления;
- по необходимости хранения архивных, более ранних версий и устаревших данных;
- по правам доступа к данным;
- по степени интеграции данных из различных источников;
- по процессам и правилам обновления данных;
- по ролям и обязанностям субъектов управления данными;
- по качеству данных.

3) Должно быть реализовано управление основными данными, включающее следующие мероприятия:

- установление сущностей и атрибутов основных данных;
- создание идентификаторов и перекрестных ссылок для интеграции данных из разных источников;
- объединение данных из различных источников для устранения несоответствий;
- дополнение и обновление основных данных.

4) Для обеспечения возможности замены и обновления системы хранения данных, рекомендуется использовать открытые форматы хранения данных.

По отношению отдельной системе хранения данных может быть использован эквивалентный термин *информационный ресурс* – отдельный массив информации, который представлен в форме документов, массивов сведений, баз данных, баз знаний или других форм организованного представления информации [62]. Информационные ресурсы могут хранить структурированные или неструктурированные данные.

#### **4.1.4.1. Файловые хранилища**

Файловые хранилища могут быть организованы в виде выделенных файловых серверов или облачных хранилищ файлов. При этом в них могут храниться файлы произвольного формата.

*Файловый сервер* – это выделенный сервер в компьютерной сети, предназначенный для выполнения файловых операций ввода-вывода и хранения файлов любого типа.

*Облачное хранилище файлов* – децентрализованная распределённая совокупность файловых серверов, функционирующая под единым управлением (облако), позволяющее пользователям и приложениям получать доступ к файлам через совместно используемые файловые системы.

Таким образом, для обеспечения совместимости и переносимости данных в виде файлов необходимо обеспечить единообразие используемых форматов файлов, совместимость файловых систем файловых серверов или облачных хранилищ.

#### **4.1.4.2. Базы данных**

*База данных* – совокупность данных, характеризующих актуальное состояние некоторой предметной области, хранимых в компьютерных системах, при этом данные систематизированы и организованы в виде определенной логической структуры, снабжены дополнительными сведениями (атрибутами, указателями, ключами и т.д.) таким образом, чтобы данные могли быть найдены и обработаны с помощью средств вычислительной техники.

Управление данными в БД (добавление, обновление, поиск, выбор, удаление данных), а также безопасность, журнализацию, надёжность хранения и целостность данных обеспечивает система управления базой данных (СУБД). Она же предоставляет средства для администрирования БД со стороны пользователя.

Базы данных могут быть: реляционными или нереляционными; иерархическими и сетевыми; централизованными и распределёнными. При этом именно декомпозиция реляционные и нереляционные БД является наиболее концептуальной.

Реляционные БД (от англ. relation – отношение, зависимость, связь) это «классические» БД, в которых хранятся структурированные данные, представленные в виде совокупности взаимосвязанных таблиц: строк – кортежей и столбцов – атрибутов. Для обслуживания реляционной БД и создания запросов к ней СУБД использует язык структурированных запросов SQL (Structured Query Language). Реляционные БД составляют порядка 90% всех используемых БД и идеально подходят для хранения именно структурированных данных, однако, они не обладают должной степенью гибкости при хранении и работе с полуструктурированными или неструктурированными данными. Кроме того, по мере усложнения структуры организации данных становится все труднее обеспечить совместимость различных БД и переносимость данных между ними. Эти недостатки привели к развитию нереляционных БД, или, как их часто обозначают NoSQL.

Нереляционные БД получили свое развитие в 2010-х гг. при решении задач обработки полуструктурированных, неструктурированных и больших данных. В таких БД снижены требования к необходимости логической организации хранимых данных и встраивания их в какую-либо заранее заданную струк-

туру, за счет чего эти БД могут хранить данные различного типа (текстовые данные, фото, видео, изображения и т.д.). Хранимые данные снабжаются ключами, что позволяет, задавая значения ключей, осуществлять поиск данных и формировать коллекции данных. В зависимости от модели данных, подходов к распределенности и репликации нереляционные БД можно декомпозировать на БД следующих основных типов [125]:

- БД типа «ключ – значение»;
- документно-ориентированные БД;
- столбцово-ориентированные БД;
- графовые БД.

С 2011 г. возник и постепенно получает распространение новый класс реляционных БД – NewSQL. БД NewSQL заимствуют от нереляционных БД оптимизацию обработки транзакций, масштабируемость, гибкость и бессерверную архитектуру, при этом сама структура организации данных в NewSQL соответствует реляционным БД. БД NewSQL могут масштабироваться, зачастую по запросу, не влияя на логику организации данных и не нарушая модель транзакций [125].

При обеспечении совместимости данных между различными БД и СУБД требуется не просто обеспечить совместимость форматов и типов данных, необходимо обеспечить совместимость моделей данных.

*Модель данных* – это описание представления БД и процессов обработки данных в СУБД, формализующее три основных аспекта:

- типы данных и структуру их организации;
- способы манипуляции с данными и выполнения операций над ними;
- способы описания и поддержки целостности БД.

Таким образом для обеспечения совместимости и переносимости данных на уровне БД и СУБД надо обеспечить:

- совместимость и переносимость типов и форматов данных;
- совместимость логических структур организации данных в различных БД;
- совместимость методов манипуляции с данными и выполнения операций над ними в различных СУБД;
- единство методов поддержки целостности БД со стороны СУБД.

#### **4.1.4.3. Базы знаний**

Данные, будучи обработаны интеллектуальными агентами в составе ОТС (более подробную информацию об интеллектуальных агентах см. в п. 3.2.1, 3.2.2 и 3.2.3), могут быть преобразованы в знания которые хранятся в *базах знаний* (БЗ) – базах, содержащих информацию о человеческом опыте, знаниях в некоторой предметной области, а также правила вывода из них новых знаний и решения задач [65].

*Знания* – совокупность информации о некоторой предметной области, хранящихся в формально-упорядоченном виде и пригодной для решения какой-либо задачи или достижения определенной цели; проверенный практикой и удостоверяемый логикой результат познания действительности, отраженный в



виде представлений, понятий, суждений и теорий [62]. В обобщенном виде можно записать: «знания» = «информация» + «цель» [104].

Предметные области в БЗ характеризуется индивидуальным набором понятий, законов, фактов, объектов и связей между ними. Способ структурного представления в БЗ набора понятий, законов, фактов, объектов и связей между ними называется онтологией.

Современные системы управления БЗ включают в себя подсистемы:

- поиска и извлечения информации;
- формирования новой информации и новых знаний;
- формирования новых решений на основе имеющейся информации.

В общем случае знания, содержащейся в БЗ, могут быть двух видов [104]:

- *процедурные знания* – последовательность действий, которое может использоваться при решении задач, достижения определенной цели и получении новых знаний (процедурные знания могут быть реализованы, например, в виде совокупности программ);
- *декларативные знания* – знания в форме описания фактов, событий или явлений, к которым носитель знания имеет осознанный доступ и которое он может декларировать – т.е. изложить в вербальной (языковой) или знаково-символьной (письменной) форме.

Знания в БЗ могут быть логически организованы в соответствии с одной из моделей знаний (рис. 4.4) [104]:

- продукционная модель знаний;
- модель знаний типа «семантическая сеть»;
- фреймовая модель знаний;
- логическая модель знаний;
- псевдофизическая модель знаний.

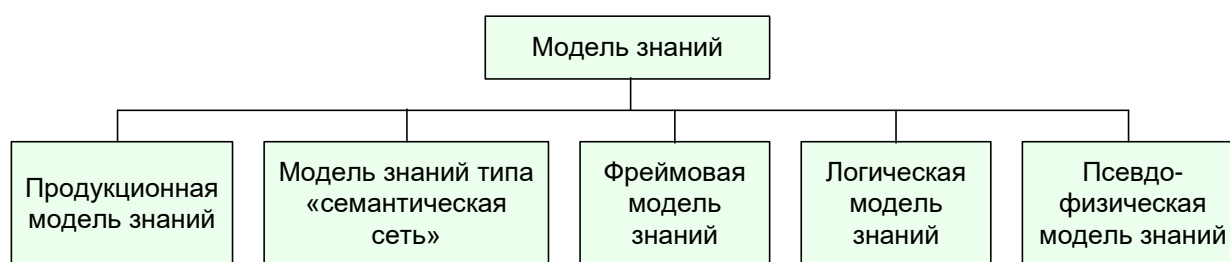


Рис. 4.4 Типы модели знаний

Продукционная модель знаний представляет собой совокупность продукций (правил) вида:

ЕСЛИ <условие>, ТОГДА <действие>.

Продукция состоит из двух частей – условие и действие. При этом условия и действия можно сочетать с помощью логических функций И, ИЛИ, НЕ. Условия и действия продукций формируются из атрибутов и значений. Продукция срабатывает, если при сопоставлении фактов, содержащихся в базе знаний с условием, которое подвергается проверке, имеет место совпадение [104].

Модель знаний типа «семантическая сеть» представляет собой ориентированный граф, где вершинам соответствуют конкретные объекты предметной области, а дугам – отношения между ними [104].

Фреймовая модель знаний описывает знания в виде совокупности фреймов, связанных между собой иерархической или сетевой структурой отношений. Фрейм – структура, в виде совокупности атрибутов, описывающая объект или понятие предметной области, которая может рассматриваться и обрабатываться обособленно от других объектов или понятий [104].

Логическая модель знаний представляет собой формальную систему в которой все знания о предметных областях описываются в виде формул алгебры логики (логики предикатов) или правил вывода. Параметры в логических выражениях соответствуют декларативным знаниям, а правила вывода (логические выражения) – процедурным знаниям. Подразумевается, что существует конечное, не пустое множество объектов предметной области. На этом множестве с помощью логических выражений установлены связи между объектами. В свою очередь на основе этих связей строятся все закономерности и правила предметной области [104].

Псевдофизическая модель знаний соответствует логической модели знаний основанной на нечеткой логике – использовании в качестве параметров логические выражения нечетких переменных, а также дополнении логических выражений операциями нечеткого вывода [104].

Более подробные сведения о вышеуказанных моделях знаний представлены в работе [104].

При обеспечении совместимости и переносимости знаний между различными БЗ и системами управления БЗ требуется обеспечить:

- совместимость и переносимость типов знаний (процедурные и декларативные);
- использование БЗ модели знаний одного и того же типа, а также совместимость структур организации информации в них;
- совместимость методов обработки информации, процедур формирования новой информации и новых знаний, а также новых решений на основе имеющейся информации;
- совместимость и переносимость предметных областей, к которым относятся знания и информация;
- совместимость вида представления и формата информации, хранимой в БЗ.

#### 4.1.4.4. Большие данные

*Большие данные* – совокупность данных обладающих следующими ключевыми характеристиками (так называемые «три V»): volume – чрезвычайно большим объёмом; velocity – как высокой скоростью прироста, так и необходимостью высокоскоростной их обработки для получения результатов; variety – значительного многообразия данным, сочетания структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных, которые должны обрабатываться совместно [126].

В качестве примеров источников больших данных в ОТС можно привести:

- измерительные устройства и средства наблюдения, непрерывно генерирующие данные;
- подсистемы обмена сообщениями между пользователями в сети;
- источники метеорологические данных и данных дистанционного зондирования Земли;
- навигационные устройства, генерирующие данные о местонахождении объектов и пользователей системы и т.д.

Современные возможности технических средств обработки позволяют провести анализ вышеуказанных больших данных в интересах выявления закономерностей развития процессов, типовых паттернов и состояний элементов системы, взаимовлияния компонентов системы друг на друга, прогнозирования поведения системы при изменении условий или внешней среды.

К основным методам обработки больших данных и манипуляции с ними относятся [127]:

- методы класса Data Mining: обучение по ассоциативным правилам, классификация, кластерный анализ, регрессионный анализ;
- смешение и интеграция данных – набор технологий интеграции разнородных данных из различных источников;
- машинное обучение, включая обучение с учителем и без учителя, а также Ensemble Learning – использование моделей, построенных на базе статистического анализа или машинного обучения для получения комплексных прогнозов;
- интеллектуальные методы обработки, в том числе с использованием искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов;
- методы распознавания образов;
- методы прогнозной аналитики;
- методы имитационного моделирования;
- методы пространственного анализа, использующие топологическую, геометрическую и географическую информацию в данных;
- статистический анализ и анализ временных рядов.

Фактически, технология хранения и обработки больших данных находится на стыке использования нереляционных БД типа NoSQL для хранения данных и методов обработки и извлечения новой информации, заимствованных из систем управления БЗ. Для практической реализации технологии больших данных используются нереляционные БД, языки программирования для статистической обработки и анализа данных (сейчас широко используется язык R), а также система распределенных параллельных вычислений на кластерной инфраструктуре (сейчас широко используется фреймворки Hadoop и MapReduce).

При обеспечении совместимости и переносимости больших данных требуется обеспечить:

- совместимость и переносимость форматов структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных;
- совместимость моделей данных нереляционных БД в которых хранятся большие данные;

- совместимость методов статистической обработки и анализа данных, методов формирования и извлечения новой информации;
- совместимость аппаратных и программных компонентов платформы распределенных параллельных вычислений, используемых для обработки больших данных.

#### **4.1.5. Обрабатываемые данные: аппаратно-программная платформа**

Данные, поступающие от источников данных, или хранимые в системах хранения данных передаются на обработку. Обработка данных представляет собой совокупность операций над данными, совершаемых с использованием средств автоматизации или вычислительной техники, направленных на повышение качества данных. К таким операциям относятся: отчистка, агрегирование, систематизация, инвентаризация, маркировка, сортировка, верификация, уточнение, обогащение, обновление, поиск, изменение, извлечение, использование, обезличивание и т.д.

Обработка данных, как правило, проводится в интересах автоматизированного выполнения таких процедур управленческого процесса СЦИУС как:

- прогнозирование и планирование – проведение многовариантных расчетов при формировании прогнозов, перспективных и текущих планов развития системы, а также в интересах определения рациональных значений взаимосвязанных наборов показателей качества функционирования ОТС;
- организация – моделирование организационных структур СЦИУС, стратегии организационного управления, имитация процессов функционирования системы при различных критериях и параметрах с целью выбора их рациональных значений;
- координация и регулирование – выдача команд на отдельные компоненты ОТС (на низовом уровне управления системой) согласно плану, технологическому процессу или инструкции, составленных на те или иные виды работ или операции;
- контроль – наблюдение за состоянием управляемых объектов по группе контролируемых параметров, а также за своевременным и полным выполнением руководящих команд;
- учёт – сбор и обработка всей фактической (справочной, плановой, нормативной и другой) информации о наличии и движении ресурсов, а также о состояниях, процессах и явлениях, имеющих место при функционировании ОТС;
- анализ – сопоставление нормативных, плановых и фактических показателей, характеризующих те или иные операции или процессы функционирования ОТС, выявление отклонений от заданных параметров с указанием причин этих отклонений, оценка выполнения плана деятельности и выявления факторов, влияющих на эти отклонения;
- отчетность – автоматическое формирование на основе первичных данных сводных показателей типичных форм установленной отчетности

(с помощью специальных программ), а также формирование отчетности для передачи по каналам связи внешним учреждениям вышестоящего уровня.

К организации обработки данных предъявляются следующие требования [121].

1. Если сформированные или собранные данные являются первичными, то перед их обработкой необходимо провести их очистку и верификацию.
2. Данные после очистки и верификации для достижения установленного уровня качества объединяют в наборы данных для дальнейшего использования посредством операций агрегирования, систематизации, маркировки, сортировки и уточнения. На этом этапе возможно формирование новых данных, являющихся выводами по результатам обработки первичных данных.
3. Для каждой отдельной разновидности организации данных должен быть определен формат набора данных.
4. Поскольку качество данных может снизиться на любом этапе жизненного цикла данных, необходимо планировать меры по обеспечению качества данных в расчете на весь их жизненный цикл.
5. После обновления данных целесообразно повторно провести мероприятия обработки, направленные на повышение качества данных и корректного функционирования системы обработки данных ОТС.

Определение качества данных и основные его частные показатели представлены в п. 4.1.2.

Как правило, данные обрабатываются в вычислительных комплексах, представляющих собой трехуровневую аппаратно-программную платформу (рис. 4.5).

*Аппаратно-программная платформа* – совокупность вычислительных аппаратных средств и, функционирующих поверх них, ОС и ПО, работающих совместно для выполнения пользовательских задач [128].

С учетом вышеуказанной трехуровневой компоновки вычислительного комплекса для обеспечения полной совместимости и переносимости данных эти свойства требуется обеспечить на всех его уровнях.

#### **4.1.5.1. Уровень аппаратных средств**

Особенностью уровня аппаратных средств является то, что на нем рассматриваются два основных типа данных:

- непосредственно сами данные, требующие обработки;
- команды и инструкции, кодирующие операции, выполняемые над данными.

В связи с этим на уровне аппаратных средств требуется обеспечить:

- аппаратную переносимость вычислительных средств/модулей между различными вычислительными комплексами/платформами в составе ОТС;

- аппаратную совместимость используемых процессоров, объединенных в рамках одной платформы;
- совместимость разрядности и формата временного хранения данных в оперативной памяти;
- совместимость разрядности, форматов команд и инструкций вычислительных средств/модулей (процессоров), используемых в рамках одной платформы;
- совместимость всех внешних устройств по возможности их совместной и одновременной работы в рамках одной платформы.

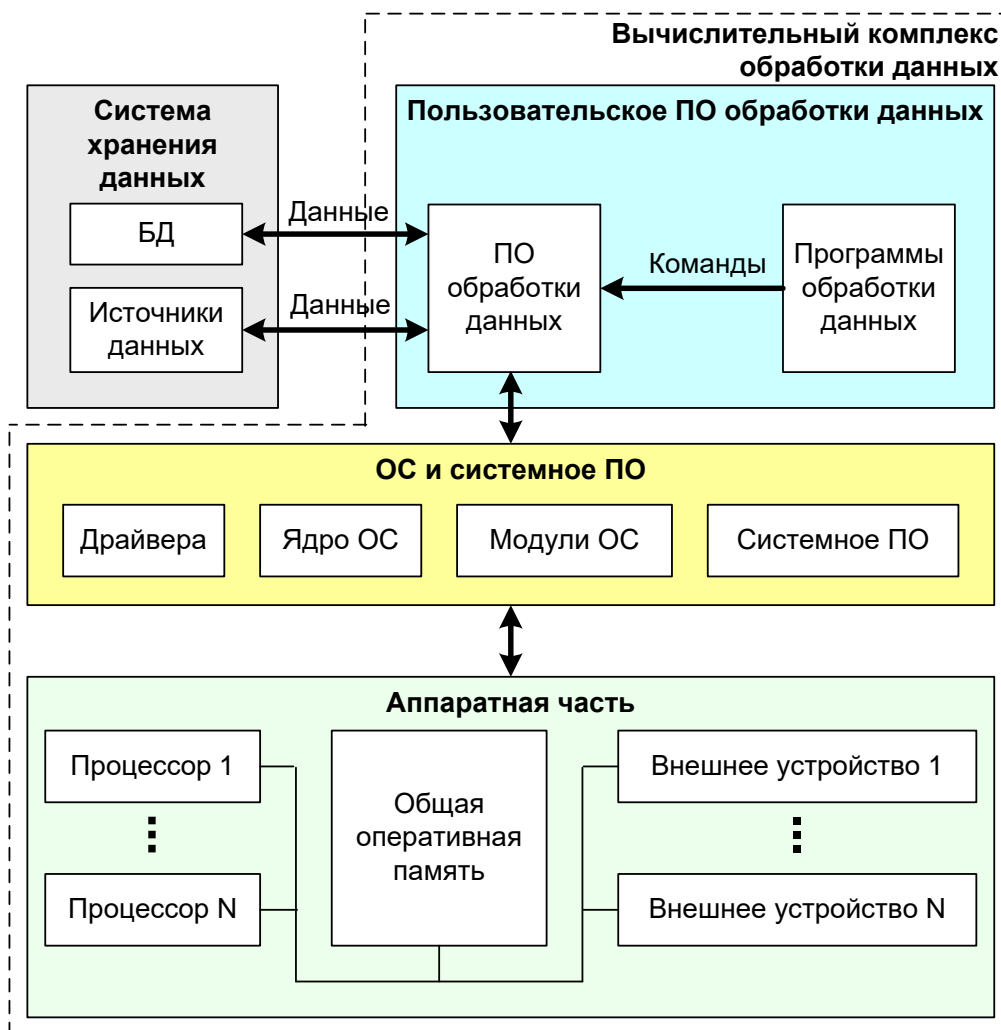


Рис. 4.5. Структура вычислительного комплекса обработки данных – трехуровневой аппаратно-программной платформы [115, 123]

#### 4.1.5.2. Уровень операционной системы и системного программного обеспечения

Особенностью уровня ОС и системного ПО является то, что ОС может путем реализации нескольких аппаратно-зависимых модулей ОС и технологии множественных прикладных сред обеспечить обработку данных различными программами на базе различных аппаратных средств (рис. 4.6). В этом случае

ОС изолирует особенности выполнения отдельных программ и функционирования аппаратных средств друг от друга беря на себя функцию транслятора системных вызовов и данных между всеми аппаратными и программными компонентами, взаимодействующими между собой в составе вычислительного комплекса [115, 123].

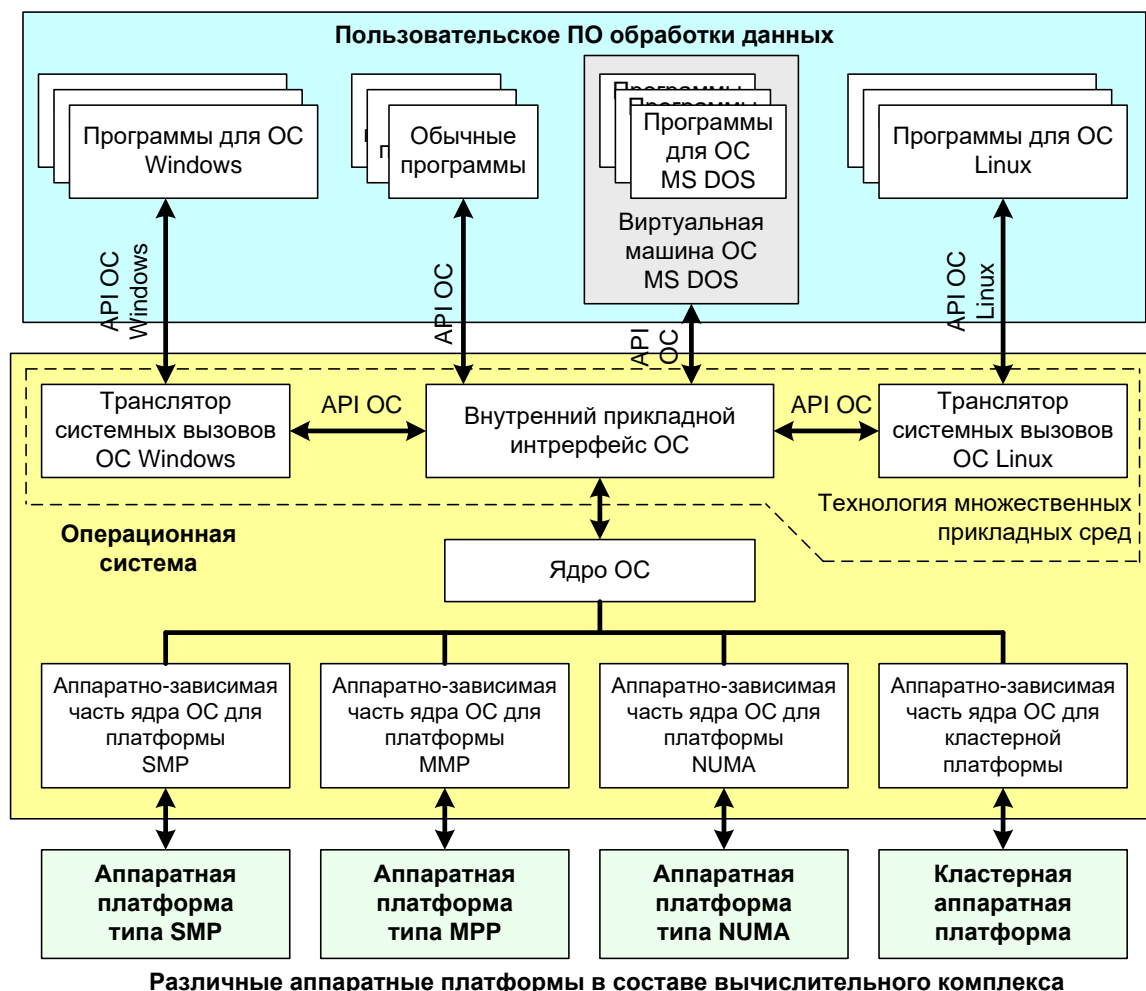


Рис. 4.6. Вариант реализации нескольких аппаратно-зависимых модулей ОС и технологии множественных прикладных сред в интересах обработки данными различными программами на базе различных аппаратных средств [115, 123]

Для совместимости и переносимости данных на уровне ОС и системного ПО требуется обеспечить:

- реализацию аппаратно-зависимых частей ядра ОС для всех аппаратных платформ, используемых в составе вычислительного комплекса;
- реализацию аппаратно-зависимых модулей ОС – драйверов, правил ввода/вывода, сетевых протоколов и т.д., для всех аппаратных средств, используемых для обмена данными;
- реализацию в составе ОС технологии множественных прикладных сред, в которой требуется обеспечить поддержку тех интерфейсов прикладного программирования API (Application programming

interface), которые используются пользовательским ПО обработки данных; аппаратно-зависимых частей ядра ОС для всех аппаратных платформ, используемых в составе вычислительного комплекса;

- для расширения совместимости ПО, запуска унаследованного и устаревшего ПО обработки данных целесообразным является внедрение в состав системного ПО вычислительного комплекса виртуальных машин, в которых установлены соответствующие ОС.

#### **4.1.5.3. Уровень пользовательского программного обеспечения**

Для совместимости и переносимости данных на уровне пользовательского ПО требуется обеспечить:

- совместимость пользовательского ПО с максимально широким спектром форматов файлов, БД и БЗ, используемых в ОТС;
- программную переносимость пользовательского ПО во все основные ОС, используемые в аппаратно-программных комплексах ОТС;
- совместимость инструкций и процедур обработки данных в различных программах пользовательского ПО;
- универсальность системы команд в интересах формирования сложных сценариев обработки данных, в которых задействованы различные программы пользовательского ПО;
- совместимость служб обмена данными (например, SOA или «клиент – сервер»), используемыми различными программами обработки данных;
- написание пользовательского ПО на тех языках программирования, которые позволяют компилировать конечные программы во все основные ОС, используемые в аппаратно-программных комплексах ОТС;
- использование открытого исходного кода для создания пользовательского ПО.

Наиболее важным из вышперечисленного является совместимость пользовательского ПО с максимальным числом форматов данных, программная совместимость и переносимость пользовательского ПО.

Относительно формата программ отметим следующее. Программы представляют собой последовательность инструкций и команд по обработке данных. Однако помимо команд, программы получают, хранят и обрабатывают как целевые данные, так и свои служебные данные, необходимые программам для их корректной работы. Структура и формат хранения этих данных определяется разработчиком программы. Даже две версии одной и той же программы могут разрабатываться по-разному, а также хранить данные совершенно по-разному. С учетом этого, программная переносимость пользовательского ПО между ОС с учетом особенностей формата программ может быть обеспечена 2-я основными способами [119]:

1. обеспечение синтаксической совместимости программ с ОС – представление программ в таком формате, который может быть непосредственно декодирован, запущен и выполнен в целевой ОС;
2. обеспечение командной совместимости программ с ОС – команды программ могут выполняться посредством их трансляции в команды



API целевой ОС посредством реализации технологии множественных программных сред или с использованием виртуальной машины.

Помимо реализации указанных способов важным для обеспечения переносимости пользовательского ПО является совместимость служебных данных программы, которая подразумевает что программа может получить доступ к служебным данным, необходимым ей для выполнения, и одинаковым образом декодировать и интерпретировать их при работе в различных ОС [119].

#### **4.1.6. Данные, представляемые пользователю**

При использовании данных, как правило, они предоставляются пользователю в графическом/визуальном виде, реже – в виде речевых сообщений или тактильно-воспринимаемых операций (например, посредством передачи усилия обратной связи на штурвал самолета). Данные представляются для того, чтобы пользователь получил полную и достоверную информацию о целевых процессах, либо в интересах принятия пользователем решения.

Представление данных пользователю осуществляется посредством ЧМИ. Вопросы организации эргономических ЧМИ, их влияние на эффективность функционирования всей системы, а также на повышение уровня информационного взаимодействия пользователя с технической системой, подробно были рассмотрены в монографии автора [32] и здесь не рассматриваются.

### **4.2. Параметры совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания**

Для обеспечения технической интероперабельности принципиально важно помимо совместимости и переносимости данных обеспечить создание единой сетевой среды обмена данными. Подсистема связи в составе ОТС формирует единую сетевую среду, по которой различные технические подсистемы, компоненты и элементы обмениваются данными. Для такой подсистемы можно дать различные определения, но суть и назначение остается одинаковой – обеспечить техническую среду бесшовного обмена данными между компонентами ОТС. К наиболее часто используемым понятиям в отношении сетевой среды ОТС относятся следующие.

*Система связи* – это совокупность распределенных в пространстве взаимосвязанных технических средств и обслуживающего персонала, выполняющих задачи по обеспечению информационного обмена [105].

*Телекоммуникационная система* – это совокупность связанных линиями связи сетевых узлов, которая основана на единой транспортной технологии и эксплуатируется в соответствии с едиными принципами маршрутизации, адресации и управления, при этом в ее составе имеются граничные узлы, ответственные за допуск трафика в сеть или направление его в другие смежные телекоммуникационные системы [105].

*Система инфокоммуникационная* – информационная система, обеспечивающая предоставление набора как связных, так и информационных услуг с гибкими возможностями по управлению ими и их персонализации [105].

*Информационно-телекоммуникационная сеть* – технологическая система, предназначенная для передачи по линиям связи информации, доступ к которой осуществляется с использованием средств вычислительной техники [105].

*Сеть электросвязи* – сеть связи, обеспечивающая электросвязь при помощи электромагнитных систем [105].

*Компьютерная сеть* – объединение компьютерных систем путем включения их в сеть связи или соединения их линиями связи [105].



Рис. 4.7. Основные параметры совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания

В дальнейшем, для упрощения, говоря о сетевой среде или о подсистеме связи ОТС мы будем употреблять понятие телекоммуникационная система (ТКС).

Обеспечение совместимости ТКС взаимодействующих ОТС сводится к обеспечению совместимости соответствующих протоколов и интерфейсов на всех уровнях модели Open System Interconnect (OSI), а также согласования требований по качеству обслуживания (QoS – Quality of Service) для пользовательского и служебного трафика, передаваемого по ТКС (рис. 4.7).

#### 4.2.1. Совместимость сетевых протоколов

Дадим определение понятиям «протокол», «совместимость» и «совместимость сетевых протоколов».

*Протокол* – формализованный набор правил, задаваемых алгоритмами его функционирования, а также их параметрами, которые позволяют осуществ-

лять соединение и обмен данными между двумя или более функциональными элементами системы связи (телекоммуникационной системы) [105].

*Совместимость* – способность объекта взаимодействовать и функционировать с другими объектами без каких-либо ограничений [62].

*Совместимость сетевых протоколов* – способность протоколов обеспечивать соединение и обмен данными между двумя или более функциональными элементами сети (системы связи / телекоммуникационной системы) с требуемым качеством обслуживания.

Задача обеспечения совместимости сетевых протоколов в ТКС ОТС, фактически сводится к задаче формирования единого множества протоколов, обеспечивающего бесшовный информационный обмен в ТКС, а также единые принципы маршрутизации, адресации и управления в ней. Общие принципы формирования такого множества определены моделью Open System Interconnect (OSI) [129].

В соответствии с этой моделью, сетевые протоколы декомпозируются на 7-мь уровней, в зависимости от их функциональности [129]:

1. протоколы физического уровня:
  - протоколы формирования сигналов;
  - протоколы использования ресурсов среды передачи каналов связи различной физической природы;
  - протоколы каналообразования;
2. протоколы канального уровня:
  - протоколы множественного доступа абонентов к среде передачи;
  - протоколы разделения/уплотнения каналов;
  - протоколы линейного кодирования и перемежения;
  - протоколы помехоустойчивого кодирования;
  - протоколы адресации внутри отдельной сети;
  - протоколы резервирования каналов внутри отдельной сети;
3. протоколы сетевого уровня:
  - протоколы межсетевой адресации;
  - протоколы установления соединений и управления ими;
  - протоколы межсетевой маршрутизации;
  - протоколы сегментирования и сборки пакетов в узлах (маршрутизаторах) сети;
  - протоколы обеспечения надежности и резервирования межсетевых и транзитных соединений;
4. протоколы транспортного уровня:
  - протоколы обеспечения требуемого качества обслуживания «из конца в конец» для различных типов трафика пользователей (данные реального времени, данные не реального времени, голос, видео и др.) по различным классам услуг;
  - протоколы балансировки пользовательской нагрузки;
  - протоколы доступа трафика пользователей в сеть;
  - протоколы административного управления сетью;

5. протоколы сеансового уровня:
  - протоколы очередности и приоритетности связи для объектов сети;
  - протоколы дуплексной, полудуплексной и симплексной связи;
  - протоколы синхронизации;
  - протоколы административного управления активностью, очередностью и приоритетностью объектов в сети;
6. протоколы представительного уровня:
  - протоколы и кодеки представления и инкапсуляции различных типов информации в стандартные форматы передаваемых данных;
7. протоколы прикладного уровня:
  - протоколы и программы, предоставляющие пользователям и аппаратно-программному обеспечению объектов сети доступ к сетевым функциям обмена информацией.

Для обеспечения технической интероперабельности ОТС её ТКС должна быть сформирована на основе единого базиса вышеуказанных сетевых протоколов, совместимых между собой.

Говоря о протоколах, в рамках модели OSI, нужно учитывать, что, как правило, протоколы физического, канального, сетевого и транспортного уровня, реализуются во всех объектах ТКС – и в сетевых узлах, и в абонентском оборудовании, а протоколы сеансового, представительского и прикладного уровня – только в абонентском оборудовании. Таким образом, «коммуникационное ядро» ТКС реализующее функции обмена данными между абонентами, являются протоколы именно физического, канального, сетевого и транспортного уровня OSI.

В работах [129-137] представлено описание протоколов, получивших широкое распространение в современных ТКС. Анализ этих работ позволяет сделать следующие выводы.

В своем подавляющем числе, современные ТКС ОТС на физическом и канальном уровне функционирования образуются наземными транспортными сетями с использованием стандартных протоколов коммутации каналов – PDH, SDH и OTH, а также протокола коммутации пакетов – Gigabit Ethernet, работающих поверх волоконно-оптических (ВОЛС), радиорелейных и спутниковых линий связи.

На сетевом и транспортном уровне, протокольный базис современных ТКС, представлен семейством протоколов стандартов IP/TCP и IP/MPLS. Именно с использованием стандарта IP/MPLS, поверх PDH, SDH, OTH, и Gigabit Ethernet, строятся перспективные сети следующего поколения Next Generation Net (NGN) [138], которые в максимальной степени соответствуют требованиям и принципам функционирования ОТС. Семейство протоколов MPLS поддерживает разветвленные функции управления качеством обслуживания QoS, которые гармонично интегрируются с сетями на основе стека протоколов IP, которые изначально имели довольно ограниченные возможности по обеспечению требуемого QoS передаваемого трафика.

В работе [23] на основе обобщения данных о протоколах современных ТКС, сформирован приблизительный рекомендуемый перечень широко распространенных сетевых протоколов ТКС, поддержку которых нужно обеспечить для практической реализации технической интероперабельности в сетевой среде ОТС.

#### 4.2.2. Совместимость сетевых интерфейсов

Дадим определение понятию «интерфейс», «совместимость» и «совместимость сетевых интерфейсов».

*Интерфейс* – совокупность средств и правил взаимодействия отдельных систем [105].

Отметим, что, как правило, под понятием «интерфейс» в практике построения сетей понимают именно средства (типы конструктивных разъёмов, стыки оборудования, физические стандарты каналообразующей аппаратуры, электрические и оптические стандарты сигналов), обеспечивающие физическое подключение элементов ОТС к ТКС и обмен данными по стандартным протоколам. При этом под «правилами» понимаются правила формирования таких физических средств, с целью обеспечения их совместимости между собой.

Вместе с тем, понятие «интерфейс» в полной мере относится не только к физическому, но и к другим уровням модели OSI, определяя логику взаимодействия протоколов ТКС между собой, формат передаваемых в рамках одного протокола сообщений и пакетов, порядок их формирования, передачи, получения и обработки. Таким образом понятие интерфейса оказывается тесно связано с ранее рассмотренным понятием протокола, определяя именно интерактивные свойства протокола.

*Совместимость* – способность объекта взаимодействовать и функционировать с другими объектами без каких-либо ограничений [62].

*Совместимость сетевых интерфейсов* – способность интерфейсов обеспечивать взаимодействие между двумя или более функциональными элементами сети (системы связи / телекоммуникационной системы) с требуемым качеством обслуживания.

Как и протоколы, в соответствии с этой моделью OSI, сетевые интерфейсы декомпозируются на 7-мь уровней, в зависимости от их функциональности [129]:

- 1) интерфейсы физического уровня;
- 2) интерфейсы канального уровня;
- 3) интерфейсы сетевого уровня;
- 4) интерфейсы транспортного уровня;
- 5) интерфейсы сеансового уровня;
- 6) интерфейсы представительного уровня;
- 7) интерфейсы прикладного уровня.

В работе [23] на основе обобщения данных о современных ТКС, сформирован приблизительный рекомендуемый перечень широко распространенных сетевых интерфейсов ТКС, поддержку которых нужно обеспечить для практической реализации технической интероперабельности в сетевой среде ОТС.

### 4.2.3. Совместимость требований по качеству обслуживания

Обеспечение качества обслуживания (QoS) пользовательского трафика в ТКС ОТС – важнейшая задача.

*Трафик* – нагрузка, создаваемая потоком вызовов, сообщений, пакетов и сигналов, поступающих на средства связи [105].

*Качество обслуживания* – способность сети (ТКС) обеспечить необходимый (требуемый) уровень множества параметров при передаче пользовательских данных (трафика) определенного типа путем использования различных сетевых технологий, протоколов и интерфейсов.

Современные ТКС должны обеспечивать передачу самых различных данных, в том числе критичных к оперативности обслуживания – аудио и видео данных. Качество обслуживания соответствующего типа данных в различных технологиях связи регламентируется рекомендациями международных организаций по стандартизации: ITU-T (серия Y.2xx), ETSI (NGNR.I, R.2), 3GPP/IETF (концепция IMS, R.5-R.7).

К основным параметрам QoS, которые задаются при передаче различных типов информации в ТКС, относятся [139]:

- требуемая скорость передачи;
- задержка при передаче «из конца – в конец» соединения;
- джиттер (нежелательное отклонение времени прихода сообщений / пакетов друг относительно друга вследствие нестабильности передачи или отсутствия синхронизации);
- возможность потери сообщений / пакетов при передаче, а также допустимый уровень таких потерь.

К дополнительным параметрам QoS относятся [139]:

- передача в реальном времени или без режима реального времени;
- необходимость установления соединения;
- необходимость синхронизации передачи.

Примерные значения основных показателей QoS, которые должны обеспечиваться при передаче трафика различного типа приведены в таблицах 4.1-4.2.

Для обеспечения указанных параметров QoS, при передаче по ТКС данных различного типа, разработаны и применяются классы обслуживания CoS (Class of Service) и категории обслуживания (таблица 4.3 и 4.4).

*Класс обслуживания* – это стандартизированная совокупность значений показателей, характеризующая определенный уровень обслуживания при предоставлении определённой услуги в рамках определённой телекоммуникационной технологии с учетом характеристик типовых видов трафика [139].

Таблица 4.1 – Требования к качеству обслуживания при передаче данных различного типа [139, 140]

Тип информации	Задача пользователя	Требуемая скорость передачи	Параметры QoS		
			Задержка при передаче «из конца – в конец» соединения	Джиттер	Допустимые потери, %
Аудио	Телефония	9,6-64 кбит/с	< 100 мс (отличное QoS); < 400 мс (допустимое QoS)	< 50 мс	<3%
	Передача голоса	4-32 кбит/с	< 1 с (для воспроизведения); < 2 с (для записи)	< 50 мс	<3%
	Звуковое вещание	16-128 кбит/с	< 10 с	< 50 мс	<1%
Видео	Видео-конференция	> 384 кбит/с	< 100 мс (отличное QoS); < 400 мс (допустимое QoS)	< 50 мс	<1%
	Видео по запросу	> 384 кбит/с	< 400 мс	< 50 мс	<1%
Данные	Просмотр WEB-страниц	> 128 кбит/с	< 2 с/стр. (отличное QoS); < 4 с/стр. (допустимое QoS)	-	< 10 <sup>-3</sup>
	Передача файлов	10 кБ –10 МБ	< 15 с (отличное QoS); < 60 с (допустимое QoS)	-	< 10 <sup>-3</sup>
	Передача изображений	> 128 кбит/с	< 15с (отличное QoS); < 60 с (допустимое QoS)	-	< 10 <sup>-3</sup>
	Доступ к электронной почте	< 64 кбит/с	< 2 с (отличное QoS); < 4 с (допустимое QoS)	-	< 10 <sup>-3</sup>
	Факс	~ 10 кБ	<30 с/стр.	-	< 10 <sup>-6</sup> BER

Таблица 4.2 – Допустимые значения параметров QoS при предоставлении различных услуг связи [139, 140]

Услуга связи	Время установления соединения, с	Вероятность разрыва соединения	Задержка при передаче, мс	Джиттер, мс	Вероятность потери данных
IP-телефония	0,5-1	10 <sup>-3</sup>	25-500	50	10 <sup>-3</sup>
Видеоконференция	0,5-1	10 <sup>-3</sup>	30	50	10 <sup>-3</sup>
Видео по запросу	0,5-1	10 <sup>-3</sup>	30	50	10 <sup>-3</sup>
Передача данных	0,5-1	10 <sup>-6</sup>	50-1000	-	10 <sup>-6</sup>
Телевизионное вещание	0,5-1	10 <sup>-8</sup>	1000	-	10 <sup>-8</sup>

Таблица 4.3 – Характеристика различных типов передаваемых данных в ТКС [139, 140]

Характеристика типа передаваемой информации	Тип 1	Тип 2	Тип 3/4	Тип 5
	видео и телефония с постоянной скоростью	видео и телефония с переменной скоростью	интерактивная передача данных; факс; ЛВС	передача данных; электронная почта
Необходимость установления соединения «источник-получатель»	Требуется		Не требуется	
Скорость передачи	Постоянная		Переменная	
Режим соединения	С установлением соединения		Без установления соединения	

Таблица 4.4 – Классы QoS и категории обслуживания в ТКС [139, 140]

Тип трафика	Категория обслуживания	Класс обслуживания CoS / Сервисный класс (1.362)	Свойства			
			Гарантия полосы пропускания	Пригодность для импульсного трафика	Наличие обратной связи	Синхронизация между источником и приемником
Трафик реального времени	CBR	1/A	+	-	-	+
	VBR-RT	2/B	+	+	-	+
Трафик нерезального времени	VBR-NRT	3/C	+	+	-	-
	ABR	3/C	min	+	+	-
	UBR	4/D	-	+	+	-
	GFR	5/-				

Для типов 1-5 передаваемой информации предусмотрены следующие категории обслуживания (таблица 4.4):

- категория «Постоянная битовая скорость» – Constant Bit Rate (CBR) – обеспечивает соединения с поддержанием синхронности (аналог синхронного режима передачи на основе коммутации каналов). В ТКС заранее резервируются сетевые ресурсы и гарантируется качество передачи трафика с требуемыми параметрами QoS, но без анализа типа передаваемых данных;
- категория «Переменная битовая скорость для передачи в реальном времени» – Variable Bit Rate-Real Time (VBR-RT) – предназначена для передачи данных по ТКС с установлением соединения, поддержанием средней битовой скорости и заданной синхронностью передачи в реальном времени, что необходимо для приложений с переменной ско-



ростью и с высокими требованиями к среднему значению и джиттеру задержки передачи;

- категория «Переменная битовая скорость для передачи не в реальном времени» – Variable Bit Rate-Non Real Time (VBR-NRT) – предназначена для передачи данных по ТКС с установлением соединения и поддержанием средней битовой скорости без соблюдения синхронности передачи. Оконечные абоненты указывают максимальную скорость передачи сообщений/пакетов, а также определяют, насколько неравномерным может быть их поток. Данная используется ТКС для резервирования необходимых ресурсов, чтобы обеспечить относительно низкую задержку и минимальную потерю сообщений/пакетов. Категория VBR-NRT, как правило, используется для передачи данных с критичными требованиями ко времени отклика;
- категория «Рекомендуемая битовая скорость» – Available Bit Rate (ABR) предназначена для передачи данных по ТКС с установлением соединения и поддержанием минимальной битовой скорости передачи данных (некритичных к задержкам) с заданной достоверностью без соблюдения синхронизации источника и приемника с предоставлением пользователю доступной полосы пропускания физического канала. Приложения указывают максимальную (PCR – Peak Cell Rate) и минимальную скорости (MCR – Minimum Cell Rate) передачи данных. Сеть резервирует ресурсы таким образом, чтобы все приложения категории ABR получили, по меньшей мере, ресурсы, соответствующие указанным ими значениями MCR. Оставшиеся свободные сетевые ресурсы справедливым образом распределяются между всеми пользователями ABR на основе явной обратной связи. Все сетевые ресурсы, не занятые источниками ABR, остаются доступными для категории UBR;
- категория «Неопределенная битовая скорость» – Unspecified Bit Rate (UBR) предназначена для передачи по ТКС данных некритичных к задержкам без установления соединения и без гарантий качества обслуживания. То есть эта категория поддерживает режим передачи низкоприоритетных данных с переменной скоростью без выделения гарантированных ресурсов сети. При использовании категории UBR источник передаваемых данных не получает каких-либо гарантий передачи и не обеспечивается обратной связью в случае перегрузки сети;
- категория «Гарантированная скорость кадров» – Guaranteed Frame Rate (GFR) специально разработана для поддержки IP-сетей, и для оптимизации управления потоками данных, проходящим из сетей, в которых не предусмотрено обеспечение QoS, в сеть, где такая поддержка предусмотрена. Один из методов, используемых для обслуживания категории GFR для обеспечения более высокой производительности по сравнению со службой UBR, заключается в требовании того, чтобы элементы сети имели информацию о границах пакетов, или кадров. Таким образом, в случае возникновения перегрузки элемент сети может отвергнуть не произвольные ячейки, а все ячейки, относящиеся к

одному пакету (кадру). Служба GFR также позволяет пользователю резервировать ресурсы для каждого виртуального канала GFR. В результате приложение получает гарантию, что минимальная требуемая производительность будет поддерживаться, а дополнительные пакеты (кадры) могут передаваться по сети, если нет перегрузки.

В соответствии с классами обслуживания CoS, для передаваемых данных устанавливаются численные значения показателей QoS – см. пример в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Типичный пример задания классов обслуживания при передаче данных в ТКС [25]

Требования к параметрам QoS	Значения					
Категория обслуживания	CBR	VBR-RT	VBR-NRT	ABR	UBR	GFR
Класс обслуживания CoS	1	2	3	3	4	5
Сервисный класс по I.362	A	B	C	C	D	-
Класс DiffServ	RT	RT	P	P	NP	NP
<b>Требования к сети:</b>						
Среднее время между отказами, ч	500	400	400	200	н/о	н/о
Среднее время ремонта, с	300	600	3600	н/о	н/о	н/о
Среднее время восстановления работоспособности, с	600	1600	7200	н/о	н/о	н/о
<b>Требования к соединению:</b>						
Допустимая верхняя граница величины задержек пакетов (max IPTD), мс	100	400	100	400	1000	н/о
Допустимая верхняя граница вариации задержек (джиттера) пакетов (max IPDV), мс	50	50	н/о	н/о	н/о	н/о
Допустимая верхняя граница вероятности потери пакета (max IPLR)	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	н/о
Допустимая верхняя граница значения вероятности доставки пакета с ошибками (max IPER)	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	н/о

Примечание: «н/о» – не определено; RT – Real Time – данные «реального времени»; P – Priority – приоритетные данные; NP – Non priority – неприоритетные данные.

Для обеспечения требуемого QoS на сетевом и транспортном уровнях OSI в ТКС используются стандартные архитектуры обеспечения QoS.

К основным архитектурам обеспечения QoS в ТКС относятся [137]:

- *обслуживание с максимальными усилиями, но без гарантий* (Best Effort) – архитектура, использующая механизм выделения дополнительной пропускной способности без использования «тонких» способов управления передачей пользовательских данных;
- *интегрированное обслуживание* (IntServ – Integrated Service) – архитектура, использующая протокол RSVP для резервирования сетевых ресурсов в каналах и в узлах ТКС на этапе установления соединения,

после чего обеспечивающая QoS во всем соединении путем контроля соблюдения качества обслуживания во всех промежуточных элементах сети;

- *дифференцированное обслуживание* (DiffServ – Differentiated Service) – архитектура, использующая классификацию трафика по классам обслуживания CoS на границе сети, определение требуемого качества обслуживания для каждого класса с последующим распределением сетевых ресурсов сети с целью гарантировать QoS допущенного в сеть трафика. Данная архитектура поддерживает управление формированием трафика (классификация пакетов, маркировка, управление интенсивностью и др.) и управление политикой обслуживания (распределение сетевых ресурсов, приоритетность отбрасывания пакетов и т.д.).

Основной архитектурой обеспечения качества обслуживания в современных ТКС, как правило, является DiffServ. Для обеспечения высокой эффективности архитектуры DiffServ ее должны поддерживать все сетевые устройства ТКС.

Довольно часто производители оборудования для ТКС вводят собственные маркировки классов обслуживания, учитывающие различные особенности передачи данных, однако при этом, как правило, берутся за основу классы обслуживания, принятые в технологиях DiffServ для MPLS.

Граничные маршрутизаторы в каждой ТКС должны поддерживать классификацию поступающих потоков данных (traffic classification), а также сопоставление интенсивности их поступления и достаточности доступных сетевых ресурсов для их обслуживания. При этом, при передаче потоков данных в другие ТКС, в граничных маршрутизаторах они могут быть перемаркированы. Вариантом такой перемаркировки может быть следующие классы [142]:

- RT (Real Time) – трафик, критичный к задержкам и джиттеру;
- BC (Business Critical) – трафик, критичный к полосе пропускания;
- BE (Best Effort) – трафик терпимый к потерям и задержкам.

Для контроля перегрузок и выполнения ограничений по интенсивности и структуре потоков данных в отдельной ТКС граничные маршрутизаторы должны использовать механизмы предотвращения перегрузок и управления очередями, а также механизмы ограничения скорости поступления данных. При невозможности обслуживания потоков данных, поступающие данные либо сбрасывается, либо дополнительно буферизируются с пометкой «Best Effort». Данная пометка означает, что данные будут передаваться без какой-либо гарантии обеспечения конкретных требований к обслуживанию, но с максимальными усилиями со стороны сетевых устройств по его соблюдению.

Более подробное описание архитектур IntServ и DiffServ, механизмов предотвращения перегрузок в очередях, механизмы управления очередями и механизмы ограничения скорости передачи в ТКС представлены в работе [137].

### 4.3. Параметры совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации

В соответствии со стандартом [121] жизненный цикл данных включает в себя следующие этапы: формирование данных; передача и сбор данных; хранение данных; обработка данных; использование данных (представление данных пользователю для решения целевых задач; уничтожение (удаление) данных). В п. 4.1 были рассмотрены параметры совместимости и переносимости именно данных. В данном же разделе будут рассмотрены вопросы совместимости процедур, которые выполняются на вышеуказанных этапах жизненного цикла данных. Отдельно следует отметить, что в данном подразделе речь пойдет не только о *данных*, как формализованном знаково-символьном виде представления информации, но и о самой *информации* – сведений, независимо от формы их представления, которые имеют конкретный смысл (семантическое значение) и интерпретацию. В этом связи некоторые аспекты данного подраздела, посвященные вопросам семантики и интерпретации информации, увязаны с материалом по семантической интероперабельности.

Введем некоторые определения, которые будут широко использоваться далее.

*Информационный ресурс (ИР)* – отдельный массив информации, который представлен в форме документов, массивов сведений, баз данных, баз знаний или других форм организованного представления информации [62].

*Информационная услуга (информационный сервис)* – процесс удовлетворения информационных потребностей пользователя или информационной системы путем предоставления им требуемой информации.

*Единое информационное пространство (ЕИП)* – совокупность баз и банков данных, информации и знаний, технологий их ведения и использования, информационных систем и телекоммуникационных сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим их информационное взаимодействие, а также взаимодействие с пользователями [143].

Все ИР в составе ЕИП ОТС обладают специфицированным, строго определенным набором функциональных возможностей, который используют пользователи и информационные сервисы. Процедуры формирования и хранения информации в ОТС определяются параметрами обнаружения, поиска и доступа к ИР в ЕИП, а процедуры передачи и обработки информации – параметрами качества работы с ИР, которые, в свою очередь, определяются производительностью аппаратно-программных платформ и сетевой инфраструктуры, входящих в состав ОТС.

Доступ к ИР и работа с ними в ЕИП ОТС, описывается следующими основными параметрами (рис. 4.8):

- параметры формирования, передачи, хранения, обработки и представления информации при работе с ИР;
- параметры обнаружения, поиска и доступа к ИР;

– параметры управления ИР и информационными услугами в системе.

Перечисленные параметры обязательно нужно учитывать при обеспечении интероперабельности. Рассмотрим их далее более подробно.



Рис. 4.8. Основные параметры совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания

#### 4.3.1. Параметры формирования, передачи, хранения, обработки и представления информации при работе с информационными ресурсами

Наполнение ИР, обеспечение качественной работы с ними, определяются процессами формирования, передачи, хранения, обработки и представления информации. Многие из этих параметров определяются, прежде всего, производительностью сетевой инфраструктуры и производительностью аппаратно-программных платформ в составе ЕИП ОТС. Эти вопросы ранее уже были рассмотрены в п. 4.1 и 4.2 данной работы. В связи с этим, далее, в основном сосредоточимся на рассмотрении качества работы с ИР, определяемые именно процедурами формирования, хранения, обработки и представления ИР. Качество работы с ИР в этом случае будет определяться:

- параметрами формирования информации;
- параметрами передачи данных;
- параметрами хранения данных;
- параметрами обработки данных;
- параметрами представления информации.

Рассмотрим эти параметры более подробно. При этом отметим, что в технических системах, как правило, понятию «информация» в большинстве случаев соответствует понятие «данные», как формализованной знаково-символьной формы представления информации в виде удобном для ее обработки, передачи и хранения. Поэтому далее в случаях, когда речь идет о форме представления информации, употребляется термин «данные», а когда о семантически-смысловых аспектах информации – термин «информация».

#### 4.3.1.1. Параметры формирования информации

Структура ЕИП ОТС предусматривает три слоя элементов («снизу – вверх»):

1. сенсорный слой;
2. слой управляемых объектов;
3. слой органов управления.

Сенсорный слой, состоящий из датчиков и источников информации в ОТС, постоянно формирует входную информацию о состоянии среды функционирования и состоянии управляемых объектов для органов управления. Поэтому параметры формируемой информации важны для дальнейшей обработки информации в ОТС в интересах принятия управленческих решений.

Основные параметры, определяющие качество формирования информации, представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Параметры, определяющие качество формирования информации отдельным источником информации ОТС

Параметр	Описание параметра
Интенсивность формирования данных	Количество информационных сообщений (данных) фиксированного объема формируемых в единицу времени
Частота взаимодействия с источником информации	Количество сеансов связи с источником информации, в рамках которых им передается определенное количество информационных сообщений (данных) фиксированного объема, организуемых в единицу времени
Адекватность информации	Уровень соответствия, создаваемого с помощью формируемой информации образа, реальному объекту, процессу или явлению
Актуальность информации	Степень соответствия формируемой информации текущему моменту времени, реальному состоянию наблюдаемого процесса
Полнота информации	Состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения
Достоверность информации	Истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления
Ценность информации	Способность информации уменьшать неопределённость знания о целевом объекте или явлении
Непротиворечивость информации	Степень соответствия этой информации другой информации, поступившей ранее или из других источников

#### 4.3.1.2. Параметры передачи данных

Для передачи информации (данных, как буквенно-знаковой формы представления информации) от источников информации к ИР, от ИР к пользователям, а также между ИР используется сетевая инфраструктура ОТС. Требования и параметры качества передачи данных, представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Параметры, определяющие качество передачи информации

Параметр	Описание параметра
Производительность сетевой инфраструктуры	Суммарное количество информационных сообщений (данных) фиксированного объема передаваемых в сети в единицу времени с требуемым качеством обслуживания
Скорость передачи данных	Количество информационных сообщений (данных) фиксированного объема передаваемых в единицу времени
Своевременность передачи данных	Время, за которое с требуемой вероятностью обеспечивается передача информационных сообщений (данных) или ведение переговоров
Достоверность передачи данных	Вероятность обеспечения требуемой точности воспроизведения информационных сообщений (данных) в пунктах доставки, а также вероятность сохранения этой точности при преобразовании информации в процессе ее передачи
Безопасность передачи данных	Вероятность обеспечения сохранения в тайне содержания передаваемых информационных сообщений (данных), а также самого факта их передачи
Актуальность передаваемой информации	Степень соответствия принятой информации текущему моменту времени, реальному состоянию наблюдаемого процесса

#### 4.3.1.3. Параметры хранения данных

Для организации хранения ИР в ОТС используется многоуровневая организация памяти, которая, как правило, делится на 2-а уровня:

1. оперативную память – предназначенная для кратковременного хранения данных формируемых, передаваемых, обрабатываемых и выводимых (представляемых) пользователям в настоящее время;
2. долговременная память – предназначенная для длительного хранения важных данных, которые были сформированы, переданы, обработаны ранее, но могут понадобиться в будущем.

Требования и параметры качества хранения данных, представлены в таблице 4.8. Требуется отметить, что значения этих параметров могут существенно отличаться для различных вариантов организации оперативной и долговременной памяти.

Для формирования более детальных параметров памяти нужно учесть ее тип и особенности: сетевое хранилище, оперативная память узлов сети и маршрутизаторов; оперативная или долговременная память компьютеров пользователей и центров обработки данных; технология реализации памяти и т.д.

Таблица 4.8 – Параметры, определяющие качество хранения данных

Параметр	Описание параметра
Объем памяти	Максимальное суммарное количество данных, которое может быть размещено в памяти
Загрузка памяти	Среднее отношение количества данных, хранимых в памяти, к ее объему
Производительность памяти	Среднее суммарное количество данных фиксированного объема, которыми можно обмениваться с памятью (в режиме чтения/записи) в единицу времени
Скорость записи данных в память	Среднее количество данных фиксированного объема, которые могут быть записаны в память в единицу времени
Скорость чтения данных из памяти	Среднее количество данных фиксированного объема, которые могут быть считаны из памяти в единицу времени
Своевременность доступа к данным	Среднее время, необходимое на получение требуемых данных с момента поступления запроса на доступ к ним
Надежность хранения данных	Вероятность обеспечения точности воспроизведения данных при их считывании из памяти, а также сохранения этой точности при преобразовании данных в процессе их хранения
Актуальность хранимых данных	Степень соответствия хранимых данных текущему моменту времени, реальному состоянию дел
Длительность хранения данных	Максимальное время в течение которого данные определенного типа и важности хранятся в памяти
Информационная безопасность хранимых данных	Вероятность обеспечения целостности, доступности и конфиденциальности информационных сообщений (данных) при их хранении в памяти
Интерфейсы обмена данными с памятью	Совокупность технических средств и стыков оборудования, предназначенных для взаимодействия с памятью отдельных элементов ОТС
Протоколы обмена данными с памятью	Формализованный набор правил, задаваемых алгоритмами функционирования памяти, а также их параметрами, которые позволяют осуществлять соединение и обмен данными между памятью и двумя или более функциональными элементами ОТС

Требования к параметрам использования оперативной и долговременной памяти в ОТС напрямую зависят от пропускной способности сетевой инфраструктуры и требований к параметрам хранения данных. Эти характеристики, в свою очередь, обусловлены составом и количеством информации, обрабатываемой в ОТС, а также перечнем прикладных протоколов и интерфейсов, используемых для передачи информации. Длительность хранения данных обусловлено политиками аудита и создания резервных копий в каждой конкретной системе. Объем памяти обуславливает тип, частоту и объем информационного обмена в сети.

#### 4.3.1.4. Параметры обработки данных

Под обработкой данных в ОТС понимается извлечение данных из памяти и производство над ними конечного множества логических и вычислительных операций (например: группировка, сортировка, агрегирование, сравнение, вычисление и т.д.) в результате которого данные или информация, содержащаяся



в данных, приобретают новые качества. Например, повышается их полнота, адекватность, точность, качество принятия управленческих решений и т.д.

Технической основой систем обработки данных являются системы обработки данных: отдельные электронно-вычислительные машины, компьютерные системы, вычислительные системы, вычислительные кластеры, суперкомпьютеры и т.д., находящиеся в составе ОТС, объединенные на основе ЕИП с источниками информации и с долговременной памятью системы.

*Система обработки данных (СОД)* – совокупность технических средств и ПО, предназначенная для информационного обслуживания пользователей и технических объектов.

Требования и параметры качества обработки данных в СОД, представлены в таблице 4.9. Требуется отметить, что значения этих параметров могут существенно отличаться для различных типов СОД.

Таблица 4.9 – Параметры СОД, определяющие качество обработки данных

Параметр	Описание параметра
Производительность	Максимальное количество элементарных операций, которое может быть проведено над данными, в единицу времени
Объем оперативной памяти	Максимальное суммарное количество данных, которое может быть размещено в памяти системы
Загрузка	Среднее значение отношения количества элементарных операций, проводимых над данными, к производительности
Оперативность обработки данных	Среднее время, необходимое на обработку требуемых данных с момента поступления запроса на их обработку
Надежность системы обработки данных	Способность системы обработки данных сохранять во времени требуемые значения эксплуатационных показателей, технического обслуживания, восстановления и ремонта
Информационная безопасность обработки данных	Вероятность обеспечения целостности, доступности и конфиденциальности данных при их обработке
Математическое обеспечение	Совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, позволяющих решать задачи обработки информации
Программное обеспечение	Программа или множество программ, используемых для управления системой и обработке данных на ней
Интерфейсы обмена данными	Совокупность технических средств и стыков оборудования, предназначенных для взаимодействия системы обработки данных (ввода/вывода данных) с другими элементами ОТС
Протоколы обмена данными	Формализованный набор правил, задаваемых алгоритмами системы обработки данных, а также их параметрами, которые позволяют осуществлять соединение и обмен данными между ней другими элементами ОТС

Различные СОД входящие в ОТС могут объединяться в «вычислительные пулы», производительность которых динамически перераспределяться между различными решаемыми задачами в зависимости от их важности и вычислительной сложности.

### 4.3.1.5. Параметры представления информации

Под представлением информации, здесь понимается визуализация/вывод данных пользователю через ЧМИ в виде пригодном для интерпретации смысла информации и ее использования для принятия тех или иных решений.

Высокая интенсивность формирования и обработки данных в ОТС и ограниченные физиологические возможности человека, приводят к тому, что основным барьером интероперабельности на стыке технического и семантического уровней является «человеческий фактор». Человек, как ЛПР, с одной стороны, должен принимать решения основываясь на анализе как можно более полной, адекватной и актуальной информации, а, с другой стороны, физиологические возможности человека не позволяют ему адекватно воспринимать и интерпретировать большие объемы информации. Для разрешения этого противоречия при обеспечении интероперабельности отдельно сформулирована задача разработки качественных ЧМИ, обладающих интеллектуальными функциями агрегирования и визуализации информации, поддержки принятия решений, и проч. Рассмотрение качества этих ЧМИ достаточно полно произведено в работе [32], здесь же приведем только основные параметры представления информации (таблица 4.10), которые одновременно являются и требованиями к ЧМИ.

Таблица 4.10 – Параметры, определяющие качество представления информации

Параметр	Описание параметра
Интенсивность представления данных	Количество информационных сообщений, выводимых пользователю в единицу времени
Адекватность представления информации	Уровень соответствия образа, создаваемого у пользователя с помощью представляемой информации, реальному объекту, процессу или явлению
Актуальность представления информации	Степень соответствия представляемой пользователю информации текущему моменту времени, реальному состоянию наблюдаемого процесса
Полнота представления информации	Состав и объем информации, достаточный для правильного понимания пользователем какого-либо явления или принятия решения
Ясность представления информации	Легкость усвоения информации пользователем о каком-либо факте, событии или явлении
Достоверность информации	Истинность и точность представляемой пользователю информации в описании какого-либо факта, события или явления
Ценность информации	Способность информации уменьшать у пользователя неопределённость знания о целевом объекте или явлении
Непротиворечивость информации	Степень соответствия информации, представляемой пользователю, другой информации, поступившей ранее или из других источников
Оперативность представления информации	Среднее время, необходимое пользователю на получение требуемой информации с момента поступления от него соответствующего запроса
Интерактивность взаимодействия	Способность системы, активно и адекватно реагировать на действия и запросы пользователя

Параметр	Описание параметра
Оперативность реакции пользователя	Среднее время, необходимое пользователю на обработку полученной информации и принятие на ее основе какого-либо решения или выполнение определенных действий
Адекватность реакции пользователя	Вероятность того, что по итогу обработки пользователем полученной информации, им будет принято правильное решение или будут выполнены действия, действительно соответствующие складывающейся ситуации

### 4.3.2. Параметры обнаружения, поиска и доступа к информационным ресурсам

Информация, формируемая источниками информации, передается по сетевой инфраструктуре ОТС и после предварительной обработки храниться в долговременной памяти системы в виде ИР. Параметры обнаружения и доступа к ИР в открытом, динамическом ЕИП ОТС зависят от ряда условий:

- наличия структурированных метаданных для каждого ИР;
- доступности метаданных, описывающих ИР;
- соответствия метаданных ИР принципам структурирования, терминологии и стандартам, принятым в ОТС;
- соответствия метаданных ИР требуемому уровню семантической точности;
- способности ЕИП ОТС соответствовать требованиям, предъявляемым к хранению метаданных, в частности, информации о ИР ЕИП.
- способность ЕИП ОТС предоставлять оценочные данные о полноте ИР;
- способности структурировать и обрабатывать оценочные данные о полноте ИР и их соответствии запросам информационных сервисов, пользователей или пользовательских процессов.

К основным параметрам, описывающим обнаружение, поиск и доступ к ИР в ЕИП ОТС относятся:

- параметры обнаружения ИР;
- полнота описания ИР;
- параметры метаданных ИР;
- механизм оповещения об ИР, его доступности и порядке доступа к нему;
- необходимость формирования предварительной договоренности перед началом взаимодействия с ИР.

Рассмотрим далее эти параметры более подробно.

#### 4.3.2.1. Параметры обнаружения информационного ресурса

На основании использования метаданных для обнаружения ИР в ОТС, в таблице 4.11 приведен набор вариантов формализации каждого из основных свойств обнаружения ИР. Каждая строка таблицы соответствует одному из основных показателей параметров обнаружения ИР.

Помимо параметров, указанных в таблице 4.11, важным параметром является своевременность обнаружения ИР.

Большинство современных информационных систем направлены на «обнаружение» ИР на этапе проектирования системы. Стандартные способы обнаружения ИР, позволяют составлять обновляемые, полные описания ИР и предоставлять к ним постоянный доступ для обеспечения свойства динамической связности в ЕИП. Своевременность обнаружения ИР зависит от полноты его описания и соответствия требований к ИР его фактическим характеристикам.

Таблица 4.11 – Параметры обнаружения ИР

Параметр	Значение параметра
Надежность и доступность ИР	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Открыт (запущен) и доступен.</li> <li>2. Открыт (запущен), но недоступен.</li> <li>3. Закрыт, недоступен.</li> </ol>
Используемый ИР язык мета-данных	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Один из стандартных языков.</li> <li>2. Уникальный, не стандартизированный язык.</li> </ol>
Актуальность мета-данных об ИР	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полностью актуальны.</li> <li>2. Частично актуальны.</li> <li>3. Абсолютно не актуальны.</li> </ol>
Возможность обратиться к ИР с формализованным запросом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствует. В системе возможен только поиск по неструктурированному метаданному (к примеру, ключевые слова). Результаты поиска выводятся в случае прямого совпадения в формате один к одному.</li> <li>2. Частично присутствует. Система отвечает на запросы, сформированные в виде маски ключевого слова и формирует вывод запроса в формате один ко многим.</li> <li>3. Присутствует в полном объеме. Система отвечает на запросы, сформированные в виде моделей метаданных, соответствующих принятому в системе стандарту</li> </ol>
Используемые ИР источники информации и показатели их достоверности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метрики для определения показателей достоверности информации отсутствуют.</li> <li>2. Простые метрики, основанные на метаданных, использующих ключевые слова.</li> <li>3. Полноценные семантические метрики, позволяющие оценить показатель достоверности используемого ИР источника информации</li> </ol>
Возможность обратиться к ИР с контекстно-информационными запросами	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контекстно-информационные запросы не могут быть обработаны данной системой.</li> <li>2. Для контекстно-информационных запросов могут быть использованы маркеры времени, расположения, роли пользователя и т.д.</li> <li>3. Для обращения к ИР может быть использована масштабируемая контекстно-информационная модель запроса</li> </ol>

В будущем, параметр своевременности обнаружения ИР даст возможность динамически формировать в ОТС наборы информационных сервисов, удовлетворяющих требованиям к системе, и в частности, свойству интероперабельности. При помощи технологических стандартов, к примеру, языка веб-онтологий OWL разработчики систем смогут составлять расширенные описания ИР, базирующиеся на метаданных, адаптированных для использования в

конкретных приложениях или информационных сервисах. Упомянутые стандарты позволят осуществлять своевременный динамический доступ к ИР, гарантируя при этом сохранение свойства интероперабельности ОТС.

Таблица 4.12 – Значение параметра «своевременность обнаружения ИР»

Значение параметра «своевременность обнаружения ИР»	Описание значения
Обнаружение ИР отсутствует	Обнаружение объектов отсутствует на всех этапах жизненного цикла системы
Обнаружение ИР ведется на этапе конфигурирования системы	Обнаружение ИР ведется на этапах установки и конфигурирования системы. Обнаружение ИР ведется на основании атрибутов системы. Информация об объекте применяется для принятия решения о включении объекта в новую конфигурацию системы
Обнаружение ИР ведется динамически, на любом этапе жизненного цикла системы	Обнаружение ИР ведется динамически и осуществляется пользовательскими процессами непосредственно во время запуска и работы ИР. Информация об ИР используется для принятия решения о необходимости продолжения его работы или доступа к нему

#### 4.3.2.2. Полнота описания информационного ресурса

Для описания ИР следует использовать всю известную информацию о нем. Ранее полученные знания о данном ИР и схожими с ним помогут определиться, будет ли ИР удовлетворять предъявляемым к нему требованиям или окажется ли он полезным пользователю при решении стоящих перед ним задач.

Таблица 4.13 – Полнота описания ИР

Значение параметра	Описание значения
Нет описания	Объект не содержит описания.
Описание без метаданных	Описание объекта в свободной форме, не содержит метаданных, индексации или ключевых слов для осуществления поиска
Описание по ключевым словам/индексам	Описание объекта в свободной форме, содержит упрощенную форму метаданных. Имеется индексация, или ключевые слова для упрощения поиска
Описание содержит структурированные метаданные	Описание объекта содержит структурированные метаданные (например, маркеры в формате XML), соответствующие базовым характеристикам объекта
Описание содержит семантически структурированные метаданные	Описание объекта содержит семантически структурированные метаданные (например, в формате RDF, OWL) обеспечивающие возможность автоматизированного поиска и определяющие свойство семантической интероперабельности системы

Описание ИР может быть формализовано при помощи метаданных, которые обычно включают в себя:

- описание функций ИР;
- описание потоков входных и выходных данных для этого ИР.

Дополнительно метаданные могут содержать следующие сведения:

- состояние информационных систем, которые являются совместимыми с данным ИР;
- условия перехода ИР в состояние отказа в обслуживании при обращении к нему;
- формальные семантические описания непосредственно данных, содержащихся в ИР, либо ассоциированных с ним и т.д.

Полнота описания ИР повышает вероятность того, что каждый из ИР включенный в ЕИП ОТС, будет удовлетворять предъявляемым к нему требованиям по интероперабельности и сможет взаимодействовать с другими ИР и информационными сервисами в процессе функционирования ОТС.

#### 4.3.2.3. Параметры метаданных информационного ресурса

В таблице 4.14 отражены наборы значений, характерные для параметра доступности ИР в зависимости от его формы и наличия метаданных. Этот параметр может принимать одно из значений: от полного отсутствия процедур доступа до полноценного динамического поиска ИР и их семантической составляющей одновременно с запуском соответствующего информационного сервиса.

Таблица 4.14 – Доступ к ИР в зависимости от его формы и наличия метаданных

Форма представления ИР	Не структурированный перечень ИР	Библиотека с простейшей структурой	Файловая система	Веб-страница	Веб-страница с простейшими метаданными	Файловая система с метаданными
Отсутствуют метаданные	Не систематизированный поиск по всему перечню ИР	Случайный поиск по структуре	Локальный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров	Удаленный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров		
Ключевые слова / индексы	Не систематизированный поиск по всему перечню ИР	Направленный поиск по каталогу	Локальный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров	Удаленный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров	Автоматизированный поиск ИР	Поиск отсутствует из-за несоответствия типов метаданных
Простейшие метаданные	Не систематизированный поиск по всему перечню ИР	Направленный поиск по каталогу	Локальный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров	Удаленный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров	Автоматизированный поиск ИР	Автоматизированный поиск с опциями сортировки, сохранения результатов поиска и их сравнения
Семантически структурированные метаданные	Не систематизированный поиск по всему перечню ИР	Направленный поиск по каталогу	Локальный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров	Удаленный направленный поиск при помощи ключей, или маркеров	Автоматизированный поиск	Семантически структурированный, автоматизированный поиск с опциями сортировки, сохранения результатов поиска и их сравнения

Наиболее современным подходом к обеспечению совместимости процедур работы с ИР является создание каталогов с метаданными в домене с ИР, удобном для использования внутри ЕИП ОТС. Каждому ИР должен соответствовать достаточно полный набор метаданных, содержащий явную информацию о расположении ИР и способах работы с ним.

#### 4.3.2.4. Механизм оповещения об информационном ресурсе, его доступности и порядке доступа к нему

Для формирования описания ИР, оповещения о его доступности и порядке доступа к нему могут быть использованы несколько вариантов механизмов. Необходимость в описании объектов актуальна как для ЕИП, так и для других систем, причем простота механизма описания ИР напрямую зависит от свойств системы. Очевидно, что только при помощи составления подробных описаний ИР можно достичь динамического связывания составляющих ЕИП. Из этого следует, что для достижения свойства интероперабельности к механизму описания ИР в ЕИП ОТС следует предъявлять больше требований, чем в других, более простых системах.

Таблица 4.15 – Механизмы оповещения об ИР, его доступности и порядке доступа к нему

Значение параметра	Описание значения
Механизм отсутствует	Для составления описания ИР, оповещения о его доступности и порядке доступа к нему не используется никаких механизмов
Не автоматизированный: копия данных на бумажном носителе, или набор знаний об ИР	Механизмы описания заключаются в формировании бумажных носителей ИР, либо составления базы знаний об ИР, хранящийся у отдельных сотрудников
Библиотека бумажных носителей с каталогом изданий	Механизмы описания ИР заключаются в формировании библиотеки бумажных носителей с каталогом, упрощающим поиск информации об ИР
Файловая директория	Механизмы описания ИР представляют из себя файловую директорию на внешнем или внутреннем носителе, организованную в соответствии с установленными правилами (например, по алфавиту) для упрощения поиска информации об ИР
Веб-страница	Механизмы описания ИР представляют из себя веб-страницы, доступные внутри сети компании. Сотрудникам доступен поиск информации об ИР
Веб-страница с неструктурированными метаданными	Механизмы описания ИР представляют из себя веб-страницы, доступные внутри сети компании. Сотрудникам доступен поиск информации об ИР, основанный на ключевых словах или маркерах
Файловый каталог со структурированными метаданными	Механизмы описания ИР представляют из себя файловую директорию, доступную внутри сети организации. Поиск по директории осуществим на основании структурированных метаданных. Доступно составление сложных запросов на поиск

#### **4.3.2.5. Необходимость формирования предварительной договоренности перед началом взаимодействия с информационным ресурсом**

Параметр необходимости формирования предварительной договоренности характеризует необходимость обмена информацией о стандартах взаимодействия внутри системы перед началом взаимодействия с ИР внутри ЕИП.

Низкий уровень предварительных договоренностей, соответствует высокому уровню интероперабельности, свидетельствуя о возможности гибкого обмена информацией внутри ОТС и с другими системами. С другой стороны, отсутствие предварительных договоренностей или их небольшое количество требует использования больших вычислительных мощностей и более сложных алгоритмов конвертации данных при их формировании внутри ОТС.

Высокий уровень предварительных договоренностей, с одной стороны, соответствует низкому уровню интероперабельности, с другой стороны, упрощает процесс обмена информацией между системами и делает его более эффективным. При таком значении параметра предъявляются строгие требования к стандартам формирования, передачи, хранения, обработки и представления данных в каждой системе, принимающей участие во взаимодействии. Недостаточно высокое значение этого параметра может привести к искажению данных, обрабатываемых более, чем одной системой. Аспекты интероперабельности, соответствующие этому параметру также актуальны и для параметров обнаружения ИР с точки зрения обработки моделей их метаданных.

Если для представления и обработки информации в системе используются уникальные, либо малоизвестные стандарты, значение параметра необходимости формирования предварительной договоренности должно быть высоким. Таким образом можно гарантировать, что данные не будут искажены в результате обработки.

Ниже представлено множество значений параметра «необходимость формирования предварительной договоренности перед началом взаимодействия с информационным ресурсом»:

- расширенные предварительные договоренности синтаксического и семантического характера (онтологические доменные модели с распределенными по организационным уровням правилами);
- значительные предварительные договоренности синтаксического и семантического характера (семантическая веб-онтология);
- значительные предварительные договоренности синтаксического характера и некоторые договоренности семантического характера (доменные XML схемы, спецификация стандартов отображения данных);
- минимальные предварительные договоренности (соглашение о кодировках, способах отображения URL адресов).

#### **4.3.3. Параметры управления информационными ресурсами и услугами в системе**

Способность системы управлять информационными ресурсами услугами и системы – важный аспект обеспечения интероперабельности в ОТС. С увели-



чением необходимости управлять все большим количеством разнородных информационных ресурсов и услуг системы снижается уровень технической интероперабельности. В связи с этим единообразный подход к управлению информационными ресурсами и услугами чрезвычайно важен.

Параметры управления информационными ресурсами и услугами включают в себя:

- параметры динамического предоставления информационных услуг;
- параметры динамического конфигурирования ИР и услуг;
- уровень качества обслуживания при предоставлении информационных услуг.

Динамическое управление ИР и динамическое конфигурирование ресурсов, как правило, используют одинаковые подходы, и различаются только уровнем их внедрения. Отличие динамического управления ИР в сети от управления сетью в целом состоит в расширенном перечне конфигурируемых устройств: параметр динамического управления включает в себя не только стандартные элементы сетевой инфраструктуры (маршрутизаторы, серверы, узлы связи), но и оборудование напрямую влияющие на формирование, хранение и обработку, представления информации: – датчики и сенсоры, являющиеся источниками информации, системы обработки данных, системы хранения данных, терминалы пользователей и т.д.

#### **4.3.3.1. Параметры динамического предоставления информационных услуг**

Динамическое предоставление информационных услуг заключается в совместном и одновременном предоставлении одной или группы информационных услуг нескольким пользователем или другим услугам, для выполнения их целевой задачи.

Необходимость одновременного динамического предоставления информационных услуг большому числу пользователей актуализирует решение следующие задач:

- обеспечения устойчивых сетевых сеансов связи между пользователем и услугой, а также между системой, предоставляющей информационную услугу, и ИР;
- динамическое предоставление информационных услуг предусматривает возможность работу как с единственной услугой, так и со множеством дочерних услуг, при этом необходимо обеспечить синхронизации потоков ввода и вывода данных для нескольких услуг, каждая из которых может быть нацелена на частичное выполнение поставленной задачи.

Динамическое предоставление информационных услуг может работать как для услуг, качество предоставления которых зависит от состояния системы (например, доступ к ИР зависит от доступности элементов памяти, в которой он хранится), так и для услуг, не зависящих от состояния системы (например, некоторые источники информации в системе постоянно формируют выходную информацию независимо от того есть ли с ними устойчивое сетевое соедине-

ние, важности и ценности этой информации и ее полезности для пользователя). Информационные услуги, зависящие от состояния системы, характеризуются дополнительным параметром, который соответствует возможности предоставления услуги, в зависимости от состояния системы, от которой он зависит.

Таблица 4.16 – Параметры динамического предоставления информационных услуг

Значение параметра	Описание значения
Тип услуги	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Формирование информации, ввод данных.</li> <li>2. Передача данных.</li> <li>3. Обработка данных (например: группировка, сортировка, агрегирование, сравнение, вычисление и т.д.).</li> <li>4. Хранение данных.</li> <li>5. Поиск данных.</li> <li>6. Доступ к данным. Вывод данных.</li> <li>7. Принятие решений.</li> <li>8. Мульти-услуга (информационная услуга, исполнение которой основано на сценарии использования других дочерних информационных услуг)</li> </ol>
Тип взаимодействия услуги с пользователем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Одна услуга – один пользователь».</li> <li>2. «Группа услуг – один пользователь».</li> <li>3. «Одна услуга – много пользователей».</li> <li>2. «Группа услуг – много пользователей»</li> </ol>
Тип взаимодействия услуги с ИР	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Одна услуга – один ИР».</li> <li>2. «Группа услуг – один ИР».</li> <li>3. «Одна услуга – много ИР».</li> <li>2. «Группа услуг – много ИР»</li> </ol>
Зависимость качества предоставления услуги от состояния системы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Качество услуги зависит от состояния системы, которая участвует в предоставлении услуги.</li> <li>2. Качество услуги не зависит от состояния системы</li> </ol>
Необходимость синхронизации предоставления услуг между собой	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нужна синхронизация данной услуги с другими услугами.</li> <li>2. Услуга предоставляется автономно, синхронизация с другими услугами не нужна</li> </ol>

#### 4.3.3.2. Параметры динамического конфигурирования информационных ресурсов и услуг

Параметры динамического конфигурирования ИР и информационных услуг описывают способность изменять состояние или форму представления данных в ИР, либо сценарии выполнения информационной услуги для наилучшего решения целевых задач пользователя.

Конфигурируемые ИР и услуги могут быть привязаны к локальной вычислительной системе, либо быть распределены по сети. К числу распределенных информационных услуг можно отнести использование прикладных объектов, к примеру, вычислительных кластеров, серверов, облачных хранилищ и т.д., а также использование сетевых ресурсов: пропускной способности сети, маршрутов, сетевой инфраструктуры и т.д.

Конфигурирование ИР и услуг может производиться как по командам пользователя, так и автоматически, в соответствии с логикой решения задач и текущей нагрузкой на вычислительное оборудование, сетевую инфраструктуру и память системы. Конфигурация информационных услуги и ресурсов может быть статической, либо динамической.

Реконфигурация ИР и услуг предъявляет дополнительные требования к интероперабельности систем с ЕИП для обеспечения возможности адаптивного управления ими по единым принципам. Это требует формирования и внедрения в ЕИП отдельной автоматической системы управления информационными ресурсами и услугами, ввиду огромного числа ресурсов и услуг, а также высокой сложности решения такой задачи в ручном режиме.

Таблица 4.17 – Параметры динамического конфигурирования ИР и услуг

Значение параметра	Описание значения
Размещение информационной услуги или ИР	1. Локальная электронно-вычислительная машина (ЭВМ). 2. Сетевая ЭВМ. 3. Распределённая по сети
Режим конфигурирования информационной услуги или ИР	1. Ручной – по командам пользователя. 2. Автоматизированный – системой предлагается вариант конфигурации, который утверждается или корректируется пользователем. 3. Автоматический – производится системой без участия пользователя.
Динамика конфигурирования информационной услуги или ИР	1. Статистическая конфигурация. 2. Динамическая конфигурация, адаптивная под решаемые задачи и состояние системы
Единообразие подходов к конфигурированию информационной услуги или ИР	1. Каждая информационная услуга или ИР конфигурируется отдельно. 2. Группы однотипных информационных услуг или ИР конфигурируются отдельно. 3. Имеется система управления информационными ресурсами и услугами, реализующая единые принципы конфигурирования

#### 4.3.3.3. Уровень качества обслуживания при предоставлении информационных услуг

Уровень качества обслуживания – определяющий фактор оценивания удовлетворенности пользователя, качеством предоставления информационной услуги. Уровень качества обслуживания включает в себя как требования к качеству обслуживания ИР при предоставлении информационных услуг пользователям, так и выполнимость требований, предъявляемых пользователем к системе, в целом. Параметры качества обслуживания предназначены для количественной оценки уровня соответствия результатов информационной услуги ожидаемому результату.

Нужно отметить, что уровень качества предоставления информационной услуги является субъективной величиной, зависящей от интенсивности и сложности запросов пользователя и состояния системы. Если количество ИР ограничена, а пропускная способность сети невелика, пользователь может сокра-

тить число и уровень требований к качеству обслуживания в обмен на увеличение интенсивности обслуживания. Альтернативным решением может стать формирование дополнительных требований к качеству обслуживания для приоритетных пользователей и ИР в системе, за счет снижения качества обслуживания низкоприоритетных.

Таблица 4.18 – Параметры качества обслуживания пользователя при предоставлении информационных услуг

Параметр	Описание параметра
Интенсивность запросов пользователя	Количество запросов пользователя на предоставление каких-либо информационных услуг, формируемых в единицу времени
Интенсивность предоставления информационных услуг пользователю	Количество выполненных информационных услуг в единицу времени, которые были инициированы запросами пользователя
Производительность системы	Среднее количество информационных услуг в единицу времени, которые могут быть предоставлены пользователю с заданным качеством
Адекватность результатов информационной услуги	Уровень соответствия результатов информационной услуги, ожидаемому пользователем результату
Актуальность результатов информационной услуги	Степень соответствия результатов информационной услуги, текущему моменту времени, или реальному состоянию дел
Полнота результатов информационной услуги	Состав и объем информации, полученный пользователем в результате предоставления ему информационной услуги, достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения
Достоверность результатов информационной услуги	Истинность и точность информации, полученный пользователем в результате предоставления ему информационной услуги

Так как качество обслуживания при предоставлении информационных услуг напрямую зависит от числа ИР и производительности сетевой и вычислительной инфраструктур, а также производительности и объема памяти системы, наиболее правильным решением будет конфигурировать их в соответствии с требованиями к качеству предоставления информационных услуг. Достижимость заданного качества обслуживания предоставления информационных услуг может различаться, в зависимости от общей нагрузки вышеуказанные элементы системы. На практике при конфигурировании также нужно руководствоваться как требованиями к качеству обслуживания, так и техническими характеристиками системы: число ЭВМ, масштабируемость системы, пропускная способность и т.д. Выполнимость требований к качеству обслуживания также зависит от архитектуры системы и ее способности распределять задачи между ресурсами.

## 4.4. Параметры автоматизации процессов управления и сетевого взаимодействия

### 4.4.1. Общие факторы и аспекты, влияющие на автоматизацию принятия решений и сетевого взаимодействия в ОТС

Переход к сетевым принципам управления в ОТС (см. п. 2.3.4) должно сопровождаться повышением оперативности и непрерывности управления, за счет ускорения процесса принятия решений и оптимизации использования сетевых и информационных ресурсов. Вместе с тем, в таких системах, так называемым «слабым звеном», негативно влияющим на оперативность управления, оказывается «человеческий фактор» – снижение оперативности принятия управляющих решений ЛПР, ввиду увеличения когнитивной нагрузки на них, в условиях интенсификации информационных потоков. В автоматизированных системах управления (АСУ), входящих в состав ИУС ОТС, на ЛПР ложится существенная нагрузка по оценке огромных массивов информации, при этом возникает проблема оценки способности человека с требуемой своевременностью и полнотой перерабатывать большой объем противоречивой информации и принимать на ее основе адекватные управленческие решения. Данный фактор является одним из наиболее существенных при управлении ОТС, и его важное значение отмечалось в работах [68, 144] (рис. 4.9).

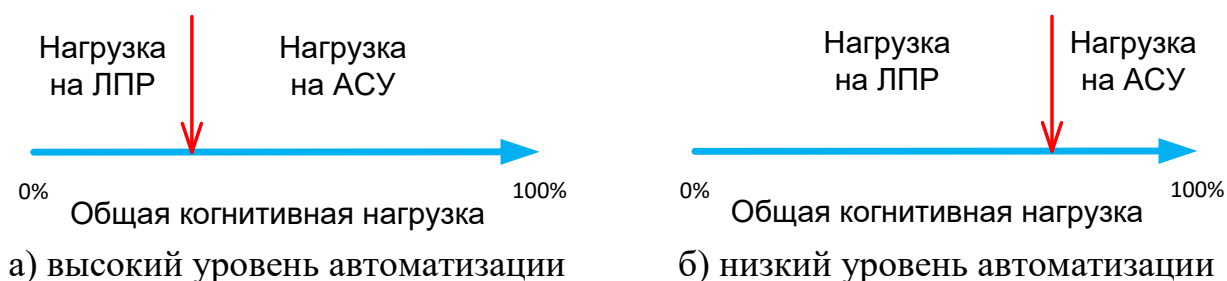


Рис. 4.9. Распределение когнитивной нагрузки между АСУ и ЛПР в СЦИУС [63]

Отметим, что в SCOPE-модели [63], при оценке качества управления в сетевых и сетевых ОТС, в качестве одного из основных параметров технической интероперабельности рассматривается понятие «автономности» (autonomous) системы, под которым понимается способность системы самостоятельно принимать решения и действовать без прямого участия ЛПР или оператора. В российском терминологическом базисе такая трактовка «автономности» (autonomous) семантически соответствует понятию «уровень автоматизации», где под понятием «автоматизация» понимается использование технических средств с целью освобождения человека от участия в производственных или управляющих процессах, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций. В связи с этим, далее будет использоваться термины «автоматизация» и «уровень автоматизации».

Высокий уровень автоматизации функций принятия решений и управления сетевыми ресурсами снижает информационную нагрузку на ЛПР. Архитектура сетевых и сетецентрических ОТС предусматривает частичное делегирование функций ЛПР непосредственно АСУ и соединяющим их ТКС, что позволит увеличить уровень автоматизации таких ОТС и снизить нагрузку на ЛПР. Вместе с тем, уровень автоматизации функций управления пропорционален затратам на разработку АСУ (рис. 4.10).

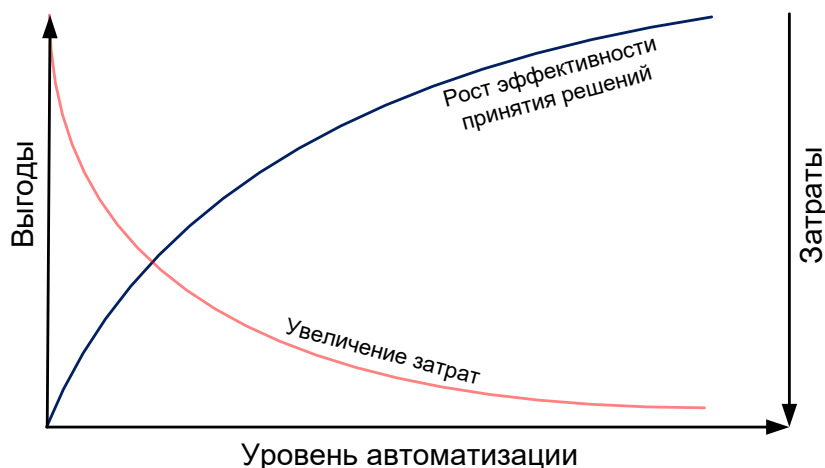


Рис. 4.10. Взаимосвязь выгод и затрат при автоматизации [63]

Автоматизация функция принятия решений и сетевого взаимодействия способствует снижению негативного воздействия ЛПР, вызванного повышением когнитивной нагрузки и общей сложности операций, т.к. сводит его взаимодействие с АСУ к формализованному набору операций в рамках ЧМИ. Автоматизация также подразумевает организацию работы на более высоком уровне – отдельные АСУ в составе ОТС должны правильно и однозначно интерпретировать команды ЛПР – оператора АСУ, и принимать решение о том, какой набор операций приведет к достижению цели функционирования системы. Иными словами, АСУ должна скрывать от ЛПР большую часть промежуточных операций и команд, необходимых для перехода из текущего состояния в требуемое.

Как известно, в АСУ с низким уровнем автоматизации оператор вынужден выполнять большинство команд вручную. Такой способ управления системой приводит к возникновению дополнительных затрат, отнимает время оператора и с высокой долей вероятности приводит к возникновению ошибок. С увеличением числа объектов управления необходимость ручного управления приводит к снижению оперативности и адекватности принимаемых решений. Таким образом, любые меры по оптимизации архитектуры низкоавтоматизированной системы становятся не эффективными. По результатам исследований [63], около 80% ошибок и перебоев в работе систем с низким уровнем автоматизации вызваны особенностями управления «вручную», недостаточной квалификацией оператора и не способностью АСУ демонстрировать результат выполнения команды на высоком уровне, доступном для понимания оператором.

На рис. 4.11 представлена модель автоматизации, которая может быть использована для описания уровня автоматизации произвольной системы.



Рис. 4.11. Схема модели автоматизации [63]

Концепция автоматизации предлагает разбить функции управления на подгруппы, в соответствие которым ставятся команды, которые в свою очередь объединяются в виде сценариев управления. Таким образом, процесс управления будет разбит на «автоматические области управления» (автоматический – без участия человека), способные обрабатывать команды оператора и принимать решение в соответствие с заранее введенными сценариями.

Одной из основных задач при автоматизации является поиск баланса между переносом нагрузки на АСУ и способностью оператора контролировать выполнение операций. Оптимальным вариантом является создание сценариев управления с возможностью динамического внесения в них правок и изменений.

При создании сценариев управления следует уделять особенное внимание сложным операциям, требующим быстрого принятия решения. Алгоритмы управления, зафиксированные в сценариях, должны иметь простую структуру и не обладать вариативностью: каждой команде должно соответствовать четко определенное поведение системы. Команды, отдаваемые оператором, должны быть согласованы со сценариями и учитывать текущее состояние системы.

Далее рассмотрим частные оценки аспектов автоматизации по отдельности, как применительно к автоматизации процессов управления и при-

нятия решений, что соответствует автоматизации функций управления в АСУ, так и применительно к управлению сетевой инфраструктурой ОТС (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Основные параметры автоматизации сетевого взаимодействия и принятия решений

#### 4.4.2. Автоматизация процессов управления и принятия решений

Описанные ниже оценки различных аспектов автоматизации, определяют степень участия ЛПР в принятии решения, и будут полезны для качественной оценки уровня автоматизации функций управления в рамках общего оценивания технической интероперабельности ОТС.

Качественные параметры, по которым оцениваются различные аспекты автоматизации в рамках технической интероперабельности, представлены в таблице 4.19 и включают в себя:

1. степень автоматизации принятия решений;
2. степень автоматизации процессов управления;
3. степень автоматизации оценивания адекватности принятых решений и выполняемых действий;
4. степень автоматизации человеко-машинного взаимодействия.

Далее рассмотрим эти параметры более детально.



Таблица 4.19 – Качественные параметры, по которым оцениваются различные аспекты автоматизации в рамках технической интероперабельности

Параметр автоматизации	Набор значений параметра		
	Низкий уровень автоматизации	Умеренный уровень автоматизации	Высокий уровень автоматизации
Автоматизация принятия решений	Высокая нагрузка на ЛПР	Умеренная нагрузка на ЛПР	Низкая нагрузка на ЛПР
Автоматизация процессов управления	Функции сбора информации о состоянии объектах управления (ОУ) и доведение до них управляющих воздействий (команд) неавтоматизированы	Функции сбора информации о состоянии ОУ и доведение до них управляющих воздействий (команд) автоматизированы частично	Функции сбора информации о состоянии ОУ и доведение до них управляющих воздействий (команд) автоматизированы полностью
Автоматизация оценки адекватности принятых решений и выполняемых действий	Отсутствует проверка правильности действий и оценка адекватности принятых решений со стороны системы	Система самостоятельно проверяет правильность действий отдельных, критически важных, действий и принятых решений	Система самостоятельно проверяет правильность всех действий и проводит оценку адекватности всех принятых решений
Автоматизация человеко-машинного взаимодействия	Высокая детализация управления (ручной ввод команд)	Умеренная детализация управления (интерактивный человеко-машинный интерфейс)	Низкая детализация управления (на основе интеллектуальных интерфейсов, сценариев управления, систем поддержки принятия решений)

#### 4.4.2.1. Степень автоматизации принятия решений

Уровень автоматизации принятия решений характеризует степень участия ЛПР-оператора в выполнении функций, направленных на выполнение целевых задач АСУ. Низкоуровневая автоматизация требует глубокого погружения оператора в управляемые функции, знание особенностей построения каждого ОУ, а также и их реакции на управляющие воздействия (команды). Оператор обязан контролировать большинство операций, начиная с конфигурирования и управления ОУ, до общей оценки обстановки. Для управления оператору приходится выдать полный набор прав, что может привести к возникновению рисков информационной безопасности (ИБ).

Высокоуровневая автоматизация снизит нагрузку на оператора путем формирования типовых сценариев управления, регламентирующих реакцию системы и выдачу управляющих воздействий на ОУ в типовых условиях. Автоматизация функций принятия решений позволит системе распознавать классы событий, классифицировать их и предлагать ЛПР наиболее оптимальные сценарии управления для выполнения поставленной задачи в сложившихся условиях. При этом роль ЛПР будет сводиться к выбору окончательного сценария.

рия управления или утверждению предлагаемых действий. Такой подход к автоматизации принимаемых решений не исключает участия ЛПР-оператора в решении задач, однако значительно снижает когнитивную нагрузку на него, упрощает его взаимодействие с системой, а также позволяет использовать в качестве ЛПР специалистов с более низким уровнем понимания управляемых процессов.

При высокоуровневой автоматизации, процессы принятия решений выделяют в отдельную систему – СППР. Современные СППР, как правило, носят интеллектуальный характер. При этом к СППР, как к важнейшему элементу автоматизации АСУ, предъявляются следующие требования [145]:

- по адекватности, точности и интерпретируемости формируемых решений;
- по оперативности реакции и адаптивности к изменяющимся условиям;
- по устойчивости (толерантности) к сложности, зашумленности, неопределенности входных данных;
- по масштабируемости и производительности;
- по эргономичности взаимодействия с ЛПР-оператором.

На этапе оценивания качества автоматизации принятия решений, целесообразно, помимо оценки автоматизации в целом, учитывать и вышеуказанные частные показатели качества СППР.

#### **4.4.2.2. Степень автоматизации управления**

В системах с низкоуровневой автоматизацией управления ЛПР-оператор будет вынужден получать доступ ко внешним источникам информации для понимания состояния ОУ и условий их функционирования. Далее после этапа принятия решений, это решение в виде последовательности управляющих воздействий (команд) необходимо также в ручном режиме довести до ОУ.

В системах с высоким уровнем автоматизации ЛПР-оператор получает подробную информацию о состоянии ОУ и условий функционирования уже на семантическом уровне. При этом информация будет персонализирована на основании роли оператора в системе, адаптирована для использования. После выработки решения управляющие воздействия (команды) будут автоматически доведены по каналам связи до ОУ.

При оценке качества автоматизации управления, дополнительно целесообразно учитывать и оценивать также и другие основные требования, которые предъявляются к системам управления. В частности, требования по [105]:

- устойчивости управления – способности ЛПР и органов управления выполнять свои функции в сложной, резко меняющейся обстановке в условиях помех и дестабилизирующих воздействий;
- непрерывности управления – возможности органов управления постоянно взаимодействовать с объектами управления;
- оперативности управления – способности органов управления получать, обрабатывать и преобразовывать информацию, а также формировать управляющие воздействия (команды) и доводить их до управляемых объектов в соответствии с темпом изменения текущей ситуации;

- скрытности управления – способности сохранять в тайне информацию о процессах управления, конечной цели и решаемых задачах, имеющихся силах и средствах, а также их возможностях; факт, время и место передачи управляющей информации, ее содержание и принадлежность к конкретным управляемым объектам.

#### **4.4.2.3. Степень автоматизации оценивания адекватности принятых решений и выполняемых действий**

В системах с низкоуровневой автоматизацией ответственность за правильность действий и принятых решений возлагается непосредственно на ЛПР-оператора. Он самостоятельно должен удостовериться, что принимаемые решения и формируемые им управляющие воздействия (отдаваемые команды), а их интерпретация со стороны системы соответствуют установленным стандартам и не могут привести к отказу системы или срыву выполнения целевой задачи. При этом система никаким образом не верифицирует правильность входных данных и команд, а только реагирует на них соответствующим образом.

В системах с высокоуровневой автоматизацией в состав системы вводится дополнительный контур «защиты от дурака», в рамках которого система предварительно, до выдачи команд на ОУ, осуществляет проверку не только на уровне команд и входных данных, но и на уровне результатов их обработки и выполнения. Таким образом, система осуществляет превентивный автоматический контроль правильности действий и принятых решений на всех этапах выполнения задачи.

#### **4.4.2.4. Степень автоматизации человеко-машинного взаимодействия**

Низкоуровневая автоматизация характеризуется высокой степенью детализации взаимодействия между ЛПР-оператором и системой. При таком взаимодействии оператор обязан самостоятельно формировать исходные данные и команды, на основе стандартов и протоколов человеко-машинного взаимодействия, и вводить их в систему, как правило в режиме «команда за командой».

Высокоуровневая автоматизация человеко-машинного взаимодействия позволяет системе самостоятельно регламентировать взаимодействие между собой и ЛПР, адаптивно подстраивая интерфейс взаимодействия под роль оператора, текущую обстановку и события требующие внимания ЛПР, при этом не лишая оператора возможности вносить коррективы в формируемые управляющие воздействия или выбирать способ представления данных.

Отдельные частные вопросы человеко-машинного взаимодействия, а также параметры по которым может быть оценен вклад эффективности человеко-машинного взаимодействия в эффективность функционирования системы в целом, представлены в работе [32].

### 4.4.3. Автоматизация сетевого взаимодействия

Необходимость объединения всех элементов сетевых и сетевых центров ОТС в рамках ЕИП, предъявляет высокие требования к адаптивности, производительности и устойчивости технической основы такого пространства – к сетевой инфраструктуре ОТС.

В SCOPE-модели [63], выделяются 3-и группы проблемных факторов, негативно влияющих на техническую интероперабельность сетевой инфраструктуры ОТС:

1. факторы сложности целей и задач ОТС, распределенности проводимых операций – снижают устойчивость и оперативность управления из-за повышения сложности одновременно выполняемых задач, а также из-за необходимости синхронизации отдельных операций, выполняемых в различных местах;
2. факторы низкой интероперабельности сетевой инфраструктуры – с увеличением числа узлов в сети, данные, сервисы и процессы взаимодействия становятся разрозненными, что приводит к полному отсутствию совместимости между элементами в ОТС;
3. факторы несовместимости форматов данных, протоколов и стандартов передачи и обработки информации в различных узлах сети, являющихся элементами ОТС.

Вышеуказанные группы факторов являются сдерживающими для разработчиков крупномасштабных СЦИУС. В некоторых случаях проблемы при проектировании усугубляются свойством динамического изменения структуры сетевой инфраструктуры. Сложность построения сетей приводит к повышению когнитивной нагрузки на ЛПР, отвечающих за управление сетевой инфраструктурой. Решением вышеуказанной проблемы является автоматизация сетевого взаимодействия, призванная свести к минимуму сложность управления системой и когнитивную нагрузку на операторов сети.

При анализе технической интероперабельности целесообразно оценивать следующие аспекты и элементы сетевой инфраструктуры, а также узлов сети [63, 105]:

- требования к сетевой инфраструктуре по пропускной способности, своевременности и достоверности передачи данных, а также безопасности;
- сетевые протоколы – наборы правил, регламентирующих обмен данными в сети;
- аппаратное обеспечение сетевой инфраструктуры – каналобразующая аппаратура, телекоммуникационное оборудование узлов связи и включенных в сеть элементов ОТС;
- программное обеспечение сетевой инфраструктуры – программы, функционирующие в телекоммуникационном оборудовании узлов связи и включенных в сеть элементов ОТС, выполняющие, в той или иной мере, функции формирования, сбора, обработки, хранения, передачи и представления информации;

– сетевые сервисы – определенный набор услуг связи.

Типовые значения уровней автоматизации сетевого взаимодействия, представлены в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Типовые значения степеней автоматизации сетевого взаимодействия [63]

Значение параметра автоматизации процессов в сети	Описание
<p><b>Автоматизация отсутствует</b> – Полностью отсутствует автоматизация функций управления и принятия решений, отсутствуют проверка принятия решений в том числе на нижних уровнях взаимодействия, отсутствует встроенная информация об управлении сетью</p>	<p>Сеть поддерживает только низкоуровневый интерфейс человеко-машинного взаимодействия. Конфигурирование сети ведется оператором. В сети отсутствуют данные об использовании сервисов, или обеспечении свойства интероперабельности. Для организации многочисленных низкоуровневых взаимодействий оператор самостоятельно изучает информацию из удаленных источников.</p> <p>Отчеты, предоставляемые сетью о выполнении поставленных задач, требуют дополнительных умений оператора для их расшифровки.</p> <p>В сети полностью отсутствует функционал проверки правильности принятия решений. Оператор не получает от сети информации о текущем ее состоянии и о соответствии его действий регламентированным требованиям</p>
<p><b>Частично присутствует «встроенная» информация об управлении сетью</b> – оператор получает минимальный объем данных об управлении сетью</p>	<p>Сеть поддерживает только низкоуровневый интерфейс человеко-машинного взаимодействия. Присутствует встроенная информация об управлении сетью, в частности, спецификации входных данных. Присутствует техническая поддержка или справочная информация. Полностью отсутствует проверка правильности принятия решений. Конфигурирование сети для обработки множественных взаимодействий производится оператором</p>
<p><b>Встроенная информация об управлении сетью присутствует в умеренном количестве</b> – оператор получает достаточный объем данных об управлении сетью. Присутствует проверка правильности принятия решений</p>	<p>Сеть поддерживает только низкоуровневый интерфейс человеко-машинного взаимодействия. Присутствует справочная информация, содержащая полноценное руководство о формировании входных данных для достижения требуемого состояния сети. Присутствует информация о конфигурировании сети на стадии принятия решения</p>
<p><b>Присутствует адаптированная, персонализированная встроенная информация об управлении сетью</b> – автоматизация отсутствует, имеется полноценная встроенная информация об управлении сетью, присутствует проверка правильности принятия решений, сеть поддерживает высокоуровневые взаимодействия</p>	<p>Сеть поддерживает высокоуровневый интерфейс человеко-машинного взаимодействия с оператором. Имеются пошаговые инструкции по достижению требуемого состояния сети, включающие в себя спецификацию входных данных. Присутствует проверка правильности принятия решений. В сети присутствует функционал сохранения конфигураций в случае, если поставленная задача выполняется не впервые</p>

Значение параметра автоматизации процессов в сети	Описание
<p><b>Поведение сети частично автоматизировано, присутствуют высокоуровневые сценарии управления сетью</b> – частично автоматизировано управление сетью, имеется полноценная встроенная справочная информация, доступна проверка правильности принятия решений, поддерживаются высокоуровневый интерфейс человеко-машинного взаимодействия с оператором</p>	<p>Сеть поддерживает высокоуровневый интерфейс человеко-машинного взаимодействия с оператором. Поддерживается установление высокоуровневых сценариев, определяющих действия сети в различных типовых ситуациях. Доступна полноценная справочная информация, содержащая сведения о поведении сети в базовых конфигурациях. Участие оператора необходимо только на стадиях принятия решений, для которых отсутствуют сценарии управления</p>
<p><b>Поведение сети автоматизировано, имеются высокоуровневые сценарии управления сетью</b> – уровень автоматизации поведения сети требует крайне редкого участия оператора. При необходимости проверки состояния сети, получения сведений о текущих взаимодействиях и других характеристиках работы процессов сети, оператор обращается к справочной информации</p>	<p>Поведение сети близко к полностью автоматизированному и базируется на текущем состоянии и определенных оператором сценариях управления. Для выполнения промежуточных операций участие оператора не требуется, однако он в любой момент может скорректировать текущие управление системой. Сеть уведомляет оператора о конфигурации до и после выполнения операций для упрощения аудита и управления. Участие оператора в управлении сетью требуется крайне редко и заключается во внедрении новых сценариев, соответствующих новым условиям функционирования или принятия решения. Такие сценарии автоматически компилируются в пошаговый набор команд средствами сети</p>
<p><b>Поведение сети полностью автоматизировано, имеются высокоуровневые сценарии управления сетью</b> – поведение сети автоматизировано на основании машинного обучения и почти что не требует участия оператора. При необходимости проверки состояния сети, получения сведений о текущих взаимодействиях и других характеристиках работы процессов, оператор обращается к справочной информации</p>	<p>Автоматизированная сеть способна работать самостоятельно, на основании сценариев управления и не требует участия оператора на уровне человеко-машинного интерфейса. Сеть также может самостоятельно формировать сценарии для случаев, которые не зафиксированы в имеющихся инструкциях. Сеть предоставляет пользователю статистику для аудита и данные, позволяющие оценить качество обслуживания</p>

Качественные и количественные параметры, по которым оцениваются различные аспекты автоматизации сетевого взаимодействия в рамках технической интероперабельности включают в себя:

1. степень автоматизации управления сетевой инфраструктурой:
  - 1.1. степень автоматизации конфигурирования сети;
  - 1.2. степень автоматизации процедур оптимизации производительности сети;
  - 1.3. степень автоматизации процедур обеспечения качества обслуживания в сети;

- 1.4. степень автоматизации процедур восстановления работоспособности сети при отказах;
  2. степень автоматизации процедур защиты сети от преднамеренных дестабилизирующих воздействий;
  3. степень автоматизации процедур обеспечения ИБ.
- Далее рассмотрим вышеуказанные параметры более детально.

#### **4.4.3.1. Степень автоматизации управления сетевой инфраструктурой**

Управление сетевой инфраструктурой (ТКС ОТС), осуществляется с целью поддержания ее в состоянии, соответствующим требованиям, и должно соответствовать концепции TMN (Telecommunication Management Network) [146]. В соответствие с SCOPE-моделью [63] функции управления сетевой инфраструктурой ОТС (сетью / ТКС / подсистемой связи) может быть декомпозировано на ряд взаимоувязанных частных задач управления:

- конфигурирование сети;
- оптимизация производительности сети;
- восстановление сети после сбоев и естественных дестабилизирующих воздействий.

Далее рассмотрим автоматизацию вышеуказанных частных задач управления более подробно.

##### **4.4.3.1.1. Степень автоматизации конфигурирования сети**

Конфигурирование сетевой инфраструктуры ОТС включает в себя процесс первичной настройки сетью, в целях достижения такого состояния сети, которое обеспечивает требуемое качество обслуживания абонентов – элементов ОТС, достаточное для выполнения ОТС задач по предназначению.

*Конфигурация сети* – формализованное представление текущего состояния сети, описывающее распределение ресурсов на всех ее уровнях, состава и взаимного расположения линий и узлов, оборудования узлов, протоколов, алгоритмов и их параметров, а также множество путей передачи данных, которые в настоящий момент реализованы в сети [105].

С увеличением числа элементов в сети возрастает число возможных конфигураций, типов сетевых сервисов, взаимозависимостей аппаратного и программного обеспечения в узлах сети, используемых протоколов обмена данными. Таким образом, задача конфигурирования сети существенным образом усложняется. Как правило, автоматизация конфигурирования сети реализуется одним из 2-х способов:

1. внедрением режима самоконфигурирования сети, в котором оператор только контролирует процесс, а основные изменения в конфигурацию аппаратных и программных средств вносят функционирующие в сети протоколы;
2. снижением сложности выполнения операций конфигурирования путем упрощения сервисов настройки на верхнем уровне человеко-машинного взаимодействия с сетью, доступном оператору. При этом детальной

функционал сетевых настроек остается скрытым для оператора и доступно только сети, на нижнем уровне.

Степень автоматизации конфигурирования сетевой инфраструктуры может быть оценено:

- трудоемкостью ручных операций необходимых для решения задач конфигурирования сети (например, в человеко-часах);
- оперативностью решения задачи повторного конфигурирования (в часах) при добавлении нового элемента ОТС или при возникновении соответствующего события;
- адекватностью автоматического конфигурирования текущей ситуации в сети, а также вероятностью необходимости вмешательства оператора сети в случае формирования неверных настроек сетевого оборудования.

В SCOPE-модели [63] дополнительно выделяется такой частный параметр конфигурирования как – адаптивность сети (в терминологии работы [63] – самосинхронизация).

*Адаптивность сети* – способность сети самостоятельно изменять свою конфигурацию (проводить реконфигурацию) адаптируясь к изменению условий функционирования:

- реконфигурация после отказа элемента сети;
- реконфигурация для выполнения оптимизации производительности сети;
- реконфигурация после добавления новых узлов, сервисов и т.д.

В этом случае задача автоматизации состоит в том, чтобы определить необходимую и достаточную степень вовлеченности оператора в процесс реконфигурации системы, а также выяснить, насколько упрощенными могут быть операции, выполняемые при реконфигурации сети.

#### **4.4.3.1.2. Степень автоматизации процедур оптимизации производительности сети**

Процесс оптимизации включает в себя процесс взаимодействия между оператором и сетью, в целях достижения такого состояния сети чтобы ее итоговая производительность соответствовала требуемому уровню.

К параметрам производительности сети обычно относится [105]:

- *пропускная способность* – способность сети передавать и обрабатывать определенный объем сообщений, пакетов или данных в единицу времени;
- *своевременность* – способность сети обеспечивать передачу сообщений, пакетов или данных, или ведение переговоров в заданные сроки.

Требования к сети могут быть декомпозированы на ряд эталонных шаблонов, применимых к различным уровням взаимодействия элементов ОТС (взаимодействие в реальном времени, передача команд управления без требований к своевременности доставки, передача данных некритичных к времени доставки и т.д.). Большое количество шаблонов усложняет процесс оптимизации в интересах достижения оптимального состояния сети. При этом в различ-



ных типах сетей для оптимизации производительности используется может использоваться различный набор параметров. Тем не менее, процессы и цели оптимизации, фактически, не зависят от сетевой платформы.

Степень автоматизации процедур оптимизации производительности сети может быть оценено по следующим показателям:

- уровень прироста пропускной способности сети и своевременности передачи данных по сравнению с ручной оптимизацией производительности сети;
- уровень достигаемых значений пропускной способности сети и своевременности передачи данных по сравнению с некоторой «идеально оптимизированной» сетью.

#### **4.4.3.1.3. Степень автоматизации процедур обеспечения качества обслуживания в сети**

Автоматизация процессов обеспечения качества обслуживания состоит в упрощении процессов и операций, необходимых для приведения сети в состояние, соответствующее требуемому качеству передачи потоков данных в сети.

*Качество обслуживания* – способность сети (системы связи / ТКС) обеспечить необходимый (требуемый) уровень множества параметров при передаче пользовательских данных определенного типа путем использования различных сетевых технологий, протоколов и интерфейсов.

Подробно роль качества обслуживания в сети при обеспечении технической интероперабельности рассмотрено в п. 4.2.3.

В типовом варианте протоколы сети самостоятельно осуществляет сбор данных о поступающих потоках данных, их требованиях к качеству обслуживания, принимают решения о допуске потоков в сети, распределении потоков по узлам и каналам сети таким образом, чтобы требования по качеству обслуживания соблюдались в сети для всех передаваемых потоков.

При такой автоматизации оператор может задавать шаблоны по качеству обслуживания для потоков данных различных типов, на основании целей и текущих задач системы.

#### **4.4.3.1.4. Степень автоматизации процедур восстановления работоспособности сети при отказах**

Данный параметр описывает качество автоматизации процедур, проводимых для восстановления работоспособности сети при отказе какого-либо ее элемента, либо после воздействия дестабилизирующих факторов на сеть, или ее сегмент. К таким операциям относятся:

1. обнаружение дестабилизирующего фактора;
2. поиск источника дестабилизирующего воздействия;
3. выполнение диагностики отказа;
4. исправление последствий, восстановление работоспособного состояния;
5. сбор данных о отказе и формирование отчета;
6. аудит текущего состояния отказавшего элемента или участка сети.

Восстановление работоспособности сети (подсистемы связи ОТС) при отказах, произошедших под влиянием дестабилизирующих факторов естественной природы, относится к параметрам надежности.

*Надежность системы связи* – способность системы связи обеспечивать связь с требуемым качеством, сохраняя во времени требуемые значения эксплуатационных показателей, технического обслуживания, восстановления и ремонта.

Задача автоматизации восстановления работоспособности сложнее, чем задача конфигурирования, так как дополнительно включает в себя определение источника отказа. Чем большее количество элементов включает в себя сеть, тем сложнее будет определить, проанализировать и правильно выявить первоисточник отказа. Как и в случае с конфигурированием сети, автоматизированное восстановление работоспособности сети упростит для оператора как выполнение операций по поиску первоисточника проблемы, так и формирование отчета об отказе.

Степень автоматизации процедур восстановления работоспособности сети при отказах и естественных дестабилизирующих воздействиях может быть оценено параметрами надежности:

- коэффициентом готовности сетевой инфраструктуры ОТС;
- трудоемкостью ручных операций необходимых для выявления источника отказа и восстановления работоспособного состояния сети (например, в человеко-часах);
- временем восстановления работоспособного состояния сети при возникновении отказа;
- точностью, полнотой и достоверностью определения источника отказа или дестабилизирующего воздействия.

#### **4.4.3.2. Степень автоматизации процедур защиты сети от преднамеренных дестабилизирующих воздействий**

Процесс защиты включает в себя процесс взаимодействия между оператором и сетевой инфраструктурой в целях достижения такого состояния сети, чтобы ее итоговая защищенность от преднамеренных дестабилизирующих воздействий соответствовала бы требуемому уровню. При этом к основным преднамеренным дестабилизирующим воздействиям относят [105]:

- воздействие факторов преднамеренного физического (огневого) поражения;
- воздействие факторов преднамеренного радиоэлектронного поражения.

К параметрам, характеризующим защищенность сетевой инфраструктуры (системы связи ОТС) от преднамеренных дестабилизирующих воздействий обычно относят [105]:

- живучесть – способность системы связи обеспечивать связь с требуемым качеством в условиях воздействия на нее обычного и ядерного оружия;

- помехозащищенность – способность системы связи обеспечивать связь с требуемым качеством в условиях воздействия на нее преднамеренных помех;
- помехоустойчивость – способность системы связи обеспечивать связь с требуемым качеством в условиях воздействия на нее как естественных, так и преднамеренных помех всех видов помех;
- разведзащищенность – способность системы связи противостоять всем видам разведки;
- устойчивость – способность системы связи обеспечивать связь с требуемым качеством в условиях дестабилизирующих воздействий естественного и искусственного характера (является интегральным свойством включающим в себя помехоустойчивость, живучесть и надежность).

Степень автоматизации процедур защиты сети от преднамеренных дестабилизирующих воздействий может быть оценено по следующим параметрам:

- временем восстановления требуемых значений показателей устойчивости, живучести, помехозащищенности, разведзащищенности сетевой инфраструктуры ОТС после дестабилизирующего воздействия;
- трудоемкостью ручных операций необходимых для восстановления требуемых значений показателей устойчивости, живучести, помехозащищенности, разведзащищенности сетевой инфраструктуры ОТС после дестабилизирующего воздействия (например, в человеко-часах);
- точностью, полнотой и достоверностью определения источника преднамеренного дестабилизирующего воздействия;
- адекватностью, полнотой и оперативностью выполнения процедур обеспечения защиты сети в условиях преднамеренного дестабилизирующего воздействия.

#### **4.4.3.3. Степень автоматизации процедур обеспечения информационной безопасности в сети**

Процесс обеспечения ИБ представляет собой взаимодействие между оператором и сетевой инфраструктурой, в целях достижения такого состояния сети, при котором обеспечивается требуемый уровень конфиденциальности, целостности и доступности информации [105]:

- *конфиденциальность информации* – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на это право;
- *доступность информации* – состояние информации (ресурсов информационной системы), при котором субъекты, имеющие права доступа к информации, могут реализовывать их беспрепятственно;
- *целостность информации* – состояние информации, при котором обеспечивается ее достоверность и полнота. При этом под полнотой понимается состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения, а под досто-

верностью – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления.

Более подробно показатели ИБ будут рассмотрены в п. 4.5.

Вопросы обеспечения информационной безопасности направлены на защиту сети от широкого класса преднамеренных детализирующих воздействий информационной природы [14].

Помимо вышеуказанных основных параметров, характеризующих информационную защищенность сети (системы связи ОТС), выделяют и ряд других ее показателей [147]:

- *имитостойкость* – способность системы связи противостоять вводу в нее ложной, в том числе и ранее переданной информации и навязыванию ей ложных режимов работы;
- *имитоустойчивость* – способность системы связи обеспечивать требуемый уровень имитостойкости в условиях ввода в нее ложной, в том числе и ранее переданной информации, а также навязыванию ей ложных режимов работы;
- *криптостойкость* – способность системы связи обеспечивать заданный уровень криптографической защиты и противостоять раскрытию смыслового содержания передаваемой информации.

Задача оператора состоит в автоматизации процессов защиты сети для выполнения своевременного обнаружения информационных дестабилизирующих воздействий (атак), анализа инцидента и противодействия угрозе.

Степень автоматизации процедур обеспечения информационной безопасности в сети может быть оценено по следующим параметрам:

- временем восстановления требуемых значений показателей конфиденциальности, доступности и целостности ИР сетевой инфраструктуры ОТС после информационного дестабилизирующего воздействия;
- трудоемкостью ручных операций необходимых для восстановления требуемых значений показателей конфиденциальности, доступности и целостности ИР сетевой инфраструктуры ОТС после информационного дестабилизирующего воздействия (например, в человеко-часах);
- точностью, полнотой и достоверностью определения источника преднамеренного информационного дестабилизирующего воздействия;
- адекватностью, полнотой и оперативностью выполнения процедур обеспечения защиты сети в условиях преднамеренного информационного дестабилизирующего воздействия.

#### **4.5. Параметры информационной безопасности**

Рассматривая вопросы информационного взаимодействия в ОТС нельзя игнорировать вопросы ИБ. Именно поэтому эти вопросы вынесены в отдельный аспект технической интероперабельности.

*Информационная безопасность* – это состояние, при котором обеспечивается конфиденциальность, целостность и доступность информации. Однако, как мы покажем далее, она может не ограничиваться только этими параметрами, но и включать в себя другие дополнительные параметры.

Помимо параметров или, как более правильно было бы назвать, показателей ИБ, она рассматривается применительно к различным процессам, объектам и этапам жизненного цикла данных – рис. 4.13.

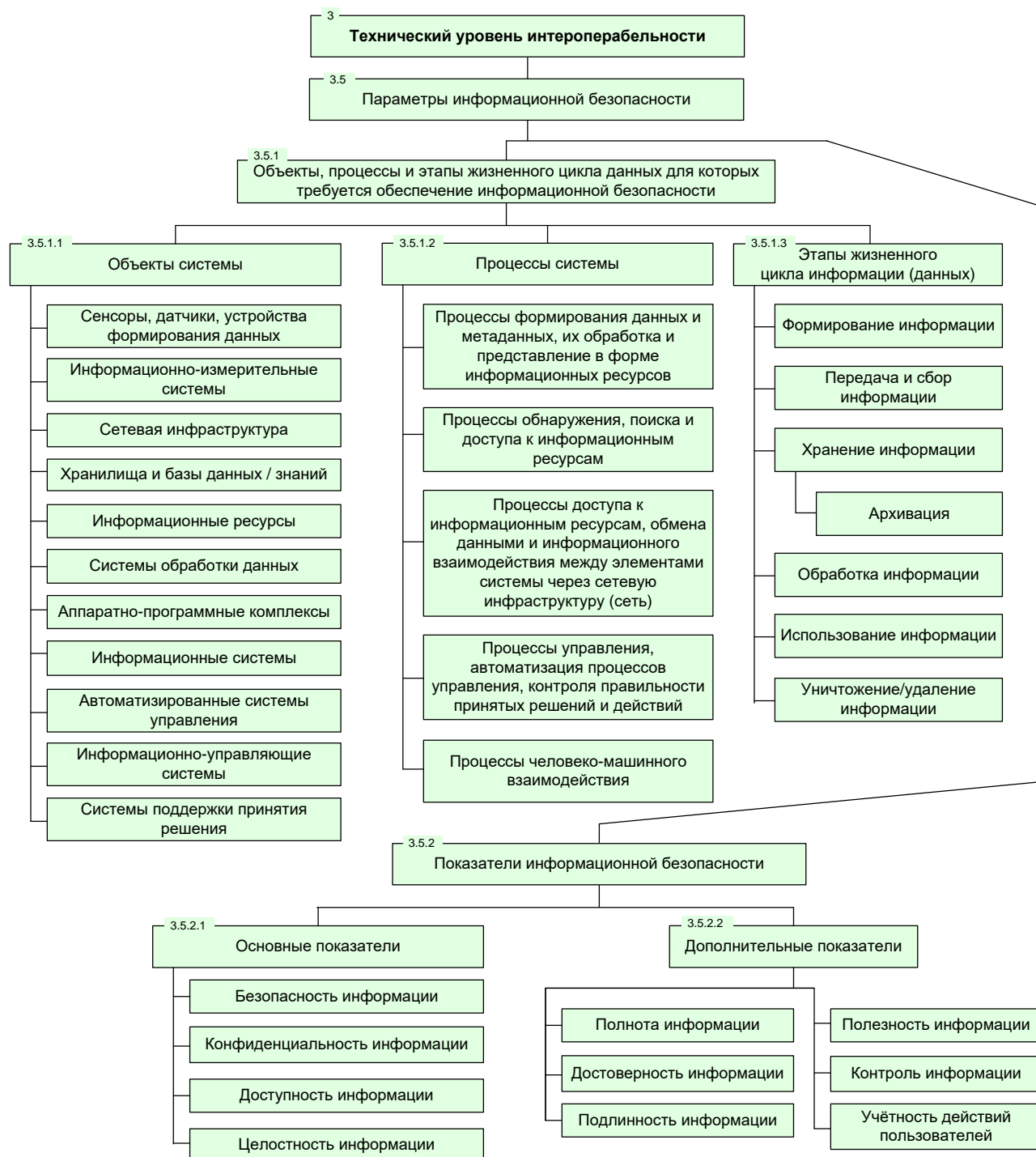


Рис. 4.13. Основные параметры информационной безопасности

#### 4.5.1. Объекты, процессы и этапы жизненного цикла данных для которых требуется обеспечение информационной безопасности

Рассматривая техническую интероперабельность технической подсистемы ОТС, можно выделить следующие основные ее *объекты*, для которых требуется обеспечение ИБ:

- сенсоры, датчики, устройства формирования данных;
- информационно-измерительные системы;
- сетевая инфраструктура (сеть / ТКС);
- хранилища и базы данных / знаний;
- информационные ресурсы;
- системы обработки данных;
- аппаратно-программные комплексы;
- информационные системы;
- автоматизированные системы управления;
- информационно-управляющие системы;
- системы поддержки принятия решения;
- средства представления информации пользователям.

Соответственно эти объекты включены в следующие *процессы* ОТС, для которых также требуется обеспечение ИБ:

- процессы формирования данных и метаданных, их обработка и представление в форме информационных ресурсов;
- процессы обнаружения, поиска и доступа к информационным ресурсам;
- процессы доступа к информационным ресурсам, обмена данными и информационного взаимодействия между элементами ОТС через сетевую инфраструктуру (сеть);
- процессы управления, автоматизация процессов управления, контроля правильности принятых решений и действий;
- процессы человеко-машинного взаимодействия.

В самом общем случае эти процессы соответствуют *этапам жизненного цикла данных (информации)*, при этом ИБ должна обеспечиваться на всех этапах цикла:

- формирование данных (информации);
- передача и сбор данных (информации);
- хранение данных (информации), в том числе и архивация, в интересах долговременного хранения данных (информации);
- обработка данных (информации): очищение, компиляция, преобразование, слияние, агрегирование и т.д.;
- использование данных (информации) – применение данных (информации) для решения различных пользовательских задач, главным образом, представление данных (информации) пользователю в том или ином виде в интересах информирования о состоянии целевых процессов, либо принятия управленческих решений;

- уничтожение/удаление данных (информации).

Таким образом, фактически, вопросы обеспечения ИБ касаются практически всех рассмотренных объектов, процессов и этапов жизненного цикла данных на техническом уровне интероперабельности. Несмотря на то что ИБ учитывается как бы «в фоновом режиме» это чрезвычайно важный аспект, который обязательно надо учитывать.

#### 4.5.2. Показатели информационной безопасности

Впервые категорирование показателей ИБ в качестве классификации инцидентов нарушения ИБ было предложено J. H. Saltzer и M. D. Schroeder в 1975 г. в работе [148]. В этой работе инциденты нарушения ИБ были разделены на 3-и основных категории [148]:

- несанкционированное раскрытие информации;
- несанкционированное изменение информации;
- отказ в доступе к информации.

Позднее эти категории нарушения отдельных свойств ИБ получили краткие наименования и стандартизированные определения, а также стали использоваться как основные параметры, характеризующие состояние ИБ [149, 150]:

- *конфиденциальность* (confidentiality) – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на это право;
- *целостность* (integrity) – состояние информации, при котором обеспечивается ее достоверность и полнота. При этом под полнотой понимается состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения, а под достоверностью – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления;
- *доступность* (availability) – состояние информации (ресурсов информационной системы), при котором субъекты, имеющие права доступа к информации, могут реализовывать их беспрепятственно.

В 1992 г. Организация экономического сотрудничества и развития предложила свою собственную модель ИБ [151], состоящую из 9-и принципов обеспечения ИБ:

- *осведомлённость* (awareness) – знание пользователя системы об имеющихся рисках нарушения безопасности и способах защиты информации в системе;
- *ответственность* (responsibility) – знание пользователя о разрешенных способах работы с информацией в системе и с последствиями нарушения разрешенных способов работы;
- *противодействие* (response) – оперативный сбор информации о случаях нарушения безопасности в системе и передача ее ответственным лицам для принятия адекватных мер защиты;
- *этика* (ethics) – понимание последствий любых действий, направленных на обработку информации в системе, в частности, их степени влияния на работу других пользователей;

- *демократия* (democracy) – свойство политик безопасности системы, учитывающее право пользователя на свободу публикации информации и обмен ей с другими пользователями;
- *оценка риска* (risk assessment) – качественная и количественная оценка рисков нарушения безопасности, включающая в себя технический, физический и человеческий фактор;
- *разработка и внедрение систем безопасности* (security design and implementation) – разработка, внедрение и эксплуатация систем и сетей должна учитывать требования к информационной безопасности;
- *управление безопасностью* (security management) – управление безопасностью системы должно базироваться на анализе наиболее вероятных рисков, обладать свойствами гибкости и масштабируемости;
- *пересмотр* (reassessment) – своевременный учет новых угроз безопасности для формирования актуальных моделей угроз безопасности системы.

В 1998 г. в национальном стандарте США NIST SP 800-160 [152] общепризнанные основные параметры ИБ: «конфиденциальность», «целостность», «доступность» были дополнены еще 3-я параметрами:

- *владение или контроль* (possession or control) – свойство информации, состоящее в фактической реализации возможности пользователя распоряжаться и пользоваться информацией, а также проводить над ней санкционированные политикой безопасности операции;
- *подлинность информации* (authenticity) – достоверность утверждения о происхождении или авторстве информации;
- *полезность информации* (availability) – свойство информации быть использованной в интересах решения задач пользователя.

Эта модель получила название «Паркеровская гексада» и до сих пор является предметом дискуссий среди специалистов по ИБ.

В 2011 г. международным консорциумом «The Open Group» опубликован стандарт управления ИБ O-ISM3 [153], в котором сформирован выборочный подход к определению составляющих ИБ, основанный на классической триаде свойств: «конфиденциальность» – «целостность» – «доступность». Согласно стандарту O-ISM3, для каждой организации можно идентифицировать индивидуальный набор целей ИБ, относящихся к одной из 5-и категорий [153]:

- приоритетные цели безопасности;
- долгосрочные цели безопасности;
- цели качества информации;
- цели контроля доступа;
- технические цели безопасности.

В 2013 г. экспертами J. Hughes и G. Cybenko была предложена модель ИБ «Количественные показатели ИБ и оценка рисков. Три основополагающих принципа компьютерной безопасности» [154], которая в дополнение к вышеуказанным параметрам ИБ вводила следующие категории:



- *подверженность системы риску* (system susceptibility) – свойство, определяющее уязвимости системы и степень ее подверженности атакам;
- *доступность уязвимости* (threat accessibility) – свойство, определяющее возможность получения информации о наличии уязвимостей системы злоумышленником, а также доступа его к этим уязвимостям за счет непосредственного физического взаимодействия с системой, либо удаленно – по сети;
- *способность эксплуатировать уязвимость* (threat capability) – свойство, определяющее способность злоумышленника использовать имеющиеся знания о системе и ее уязвимостях для реализации успешной атаки на нее.

Наиболее признанной и распространенной в руководящих документах общемирового и государственного уровня остается триада «конфиденциальность – целостность – доступность», которая в некоторой литературе сокращается как «КЦД». Именно такая модель ИБ, в частности, используется в государственных стандартах. Тем не менее, профессиональное сообщество настаивает на том, что модель КЦД устарела и более не удовлетворяет современным требованиям. Так, в стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000-2012 [155] утверждены следующие дополнительные требования предъявляемые к свойствам ИБ:

- *аутентичность* (authentication) – свойство, гарантирующее, что заявленные характеристики объекта являются подлинными;
- *подлинность* (authenticity) – свойство, гарантирующее, что субъект или объект идентичны заявленному;
- *подотчётность* (accountability) – ответственность субъекта за его действия и решения;
- *неотказуемость* (non-repudiation) – способность информации удостоверить имевшее место событие или действие и их субъектов так, чтобы это событие или действие и субъекты, имеющие к нему отношение, не могли быть поставлены под сомнение;
- *достоверность* (reliability) – свойство соответствия предусмотренному поведению и результатам.

Разобщенность взглядов на состав свойств, параметров и категорий ИБ, привела к отсутствию утвержденных стандартов категорирования, качественного и количественного оценивания свойств ИБ. Между тем, разработка единых требований по оцениваемым свойствам ИБ, а также их показателям и критериям оценки в составе отечественной модели интероперабельности является одной из ключевых задач формирования соответствующих руководящих документов.

Для количественной оценки свойств ИБ в рамках оценки технической интероперабельности ОТС, предлагается следующее множество параметров.

#### 1. Основные параметры ИБ:

- *безопасность информации* – состояние защищенности информации, при котором обеспечены ее конфиденциальность, доступность и це-

лостность, а также другие свойства информационной безопасности [156].

- *конфиденциальность информации* – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на это право [149];
- *доступность информации* – состояние информации (ресурсов информационной системы), при котором субъекты, имеющие права доступа к информации, могут реализовывать их беспрепятственно [149];
- *целостность информации* – состояние информации, при котором обеспечивается ее достоверность и полнота [157];

## 2. Дополнительные параметры ИБ:

- *полнота информации* – состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения [105];
- *достоверность информации* – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления [105].
- *подлинность информации* – достоверность утверждения о происхождении или авторстве информации;
- *полезность информации* – свойство информации быть использованной в интересах решения задач пользователя;
- *контроль информации* – свойство информации, состоящее в фактической реализации возможности пользователя распоряжаться и пользоваться информацией, а также проводить над ней санкционированные политикой безопасности операции [152];
- *учётность действий пользователя* – свойство информации, обеспечивающее однозначное отслеживание действий любого пользователя (субъекта) при доступе к информации и ее обработке [158].

## 4.6. Параметры эргономики человеко-машинных интерфейсов

При решении целевых задач ОТС важную роль играет интероперабельность ЧМИ как основного связующего звена между совокупностью технических аппаратно-программных компонентов ОТС и ее организационной частью – пользователями и ЛПР. Пользователи, с одной стороны, являются основным органом управления в ОТС, ввиду того, что именно на них возлагается ответственность за принятие окончательных решений, ввод управляющих команд и прогнозирование траектории дальнейшего поведения всей системы в целом, с другой стороны, это люди которым свойственна субъективность в восприятии представляемой им информации, неточность ее правильной интерпретации, высокая вероятность ошибочных действий в сложных или нестандартных ситуациях. Дополнительным недостатком человека в контуре управления ОТС является его неспособность, в отличие от ТС, обеспечить в сжатые сроки высокоскоростную многопараметрическую обработку динамически меняющейся информации, поступающей по различным каналам. С учетом этого, резко возрас-

тает требования к эффективности ЧМИ, способности этих интерфейсов из всего того гигантского объема информации, циркулирующей в ОТС, предоставить пользователю наиболее ценную и актуальную информацию, в максимально полной и ясной форме, для того чтобы он принял на ее основе правильное решение, в наибольшей степени соответствующее текущей ситуации, и далее максимально быстро передал соответствующие команды или управляющие воздействия техническим компонентам ОТС или подчинённым подразделениям.

Зачастую, даже несмотря на достижение высокой степени интероперабельности ТС, общая степень интероперабельности всей ОТС может остаться низкой, если не озаботится повышением информационной эффективности и эргономичности ЧМИ. Эти интерфейсы в ОТС выступают своеобразным «бутылочным горлышком» через которое большой объем многопараметрической информации, циркулирующей в контуре ТС, должен быть предоставлен низкопроизводительным, но наиболее важным компонентам системы – людям. Существующие ЧМИ должны компенсировать невысокую производительность пользователей, их неспособность обрабатывать большие объемы информации, акцентировать ограниченный ресурс их внимания на наиболее важных и срочных задачах. Фактически ЧМИ сложных ОТС должен является своеобразной интеллектуальной СППР, принимая решения о выборе той или иной информации и форме ее представления, которая из технической части ОТС поступит ее организационным компонентам – людям и ЛПР, с учетом их физиологических ограничений, психического профиля, перечня решаемых задач и проч. При этом нельзя забывать, что эргономика ЧМИ должна рассматриваться не сама по себе, а в контексте ее влияния на повышение эффективности функционирования всей ОТС в целом, в частности, по одному из ее ключевых свойств – степени обеспечения интероперабельности.

Вопросы интероперабельности ЧМИ достаточно полно изложены в более ранней работе автора [32] и в этой монографии подробно эти вопросы не рассматриваются.

В частности, в работе [32], применительно к технической интероперабельности ЧМИ, изложены (рис. 4.14): технологии, основные принципы, метафоры, программные оболочки реализации конкретных ЧМИ, обеспечивающих обмен информацией между пользователем и ТС, различного типа и назначения. Рассмотрены основные сервисы взаимодействия пользователей в ОТС с использованием ТС. Проведен анализ показателей эффективности ОТС (показатели продуктивности и оперативности), на которые влияет показатели качества ЧМИ. Введено понятие универсального ЧМИ современной типовой ОТС как совокупности типовых оконных форм, отображаемых на экране, с которыми пользователь взаимодействует посредством «мыши» и клавиатуры. Показано, что интегральным показателем качества ЧМИ является эргономичность. Приведены основные параметры оценки эргономики ЧМИ и способы их улучшения. Рассмотрены основные подходы и методики разработки ЧМИ: проблемно-центрированный подход; каскадная методика (она же методика «водопад»); методика SWT-анализа; методика GOMS-анализа. Обобщены основные принципы разработки эргономичных ЧМИ: принципы Нильсона-Молича; принципы

Константине-Локвуд-Раскина; принципы системного подхода; основные принципы организации графического интерфейса. Рассмотрены основные метафоры ЧМИ: «слуга»; «ускоритель»; языковая метафора; «рабочий стол»; «виртуальная реальность»; «дополненная реальность»; теоретико-множественная метафора. Представлены основные типы ЧМИ, получивших широкое распространение в современных ТС: тактильный интерфейс; интерфейс командной строки; графический интерфейс (WIMP, Post-WIMP, WUI и 3D интерфейсы).

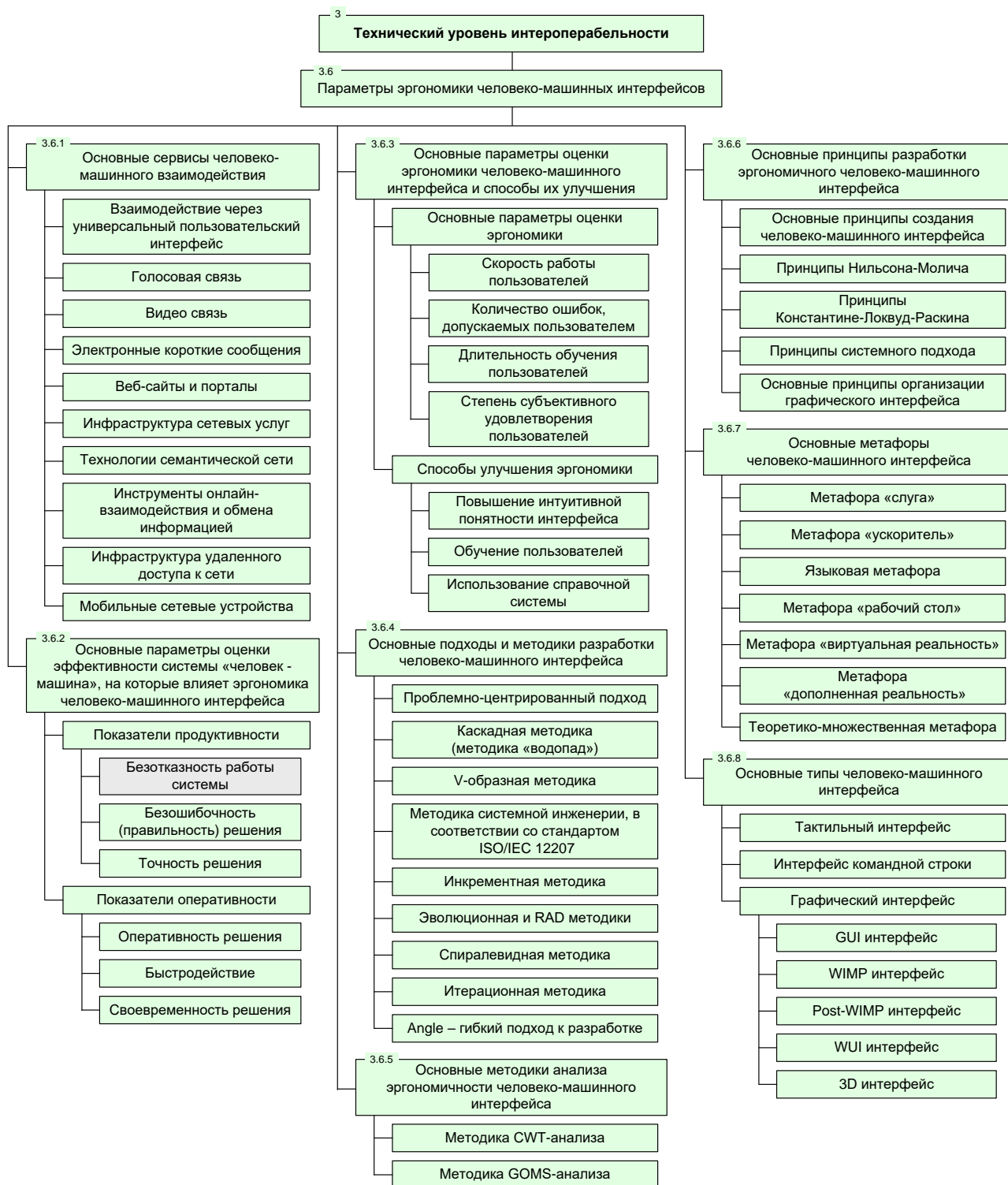


Рис. 4.14. Основные параметры эргономики ЧМИ, имеющие отношение к технической интероперабельности [32]

## 4.7. Параметры готовности объектов и систем к взаимодействию между собой

Одним из наиболее важных аспектов, который влияет на достигаемый уровень технической интероперабельности, является готовность (зрелость) информационных систем, их информационных процессов, информационных служб и данных к взаимодействию. Кроме того, к этому же аспекту относятся готовность (зрелость) новых технологий и объектов к внедрению в существующую систему (рис. 4.15).

Ранее уровни технологической готовности (зрелости), применительно к интероперабельности, рассматривались в работе [185], однако, с недостаточным уровнем подробности, что актуализирует более глубокое исследование этого аспекта интероперабельности.

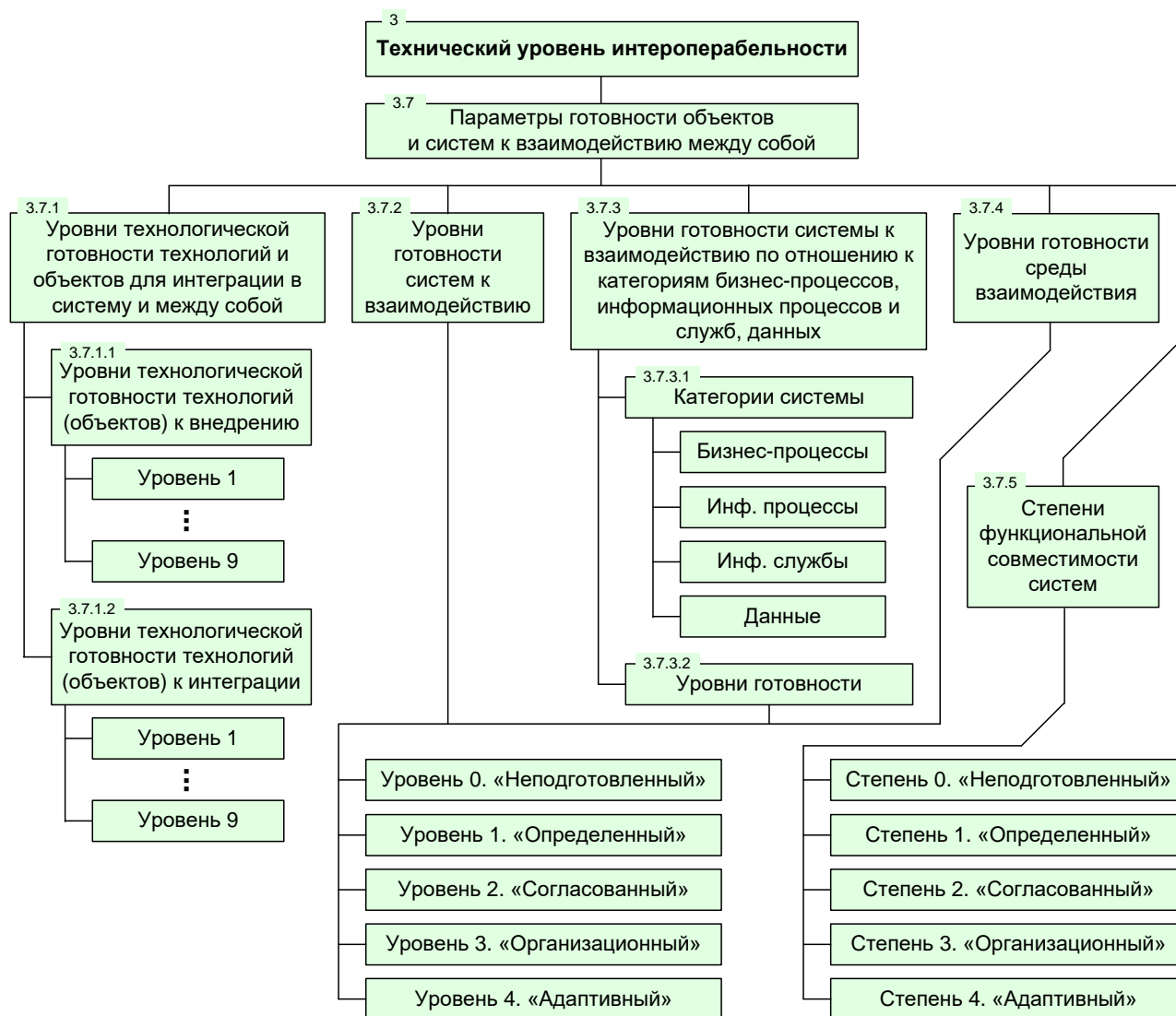


Рис. 4.15. Основные параметры готовности объектов и систем к взаимодействию между собой

Аспект готовности объектов и систем к взаимодействию между собой определяется следующими основными параметрами:

- уровнем технологической готовности технологий и объектов для интеграции в систему и между собой;
- уровнем готовности (зрелости) систем к взаимодействию между собой;
- уровнем готовности (зрелости) системы к взаимодействию по отношению к основным категориям систем:
  - бизнес-процессам,
  - информационным процессам,
  - информационным службам,
  - данным;
- уровнем готовности (зрелости) среды взаимодействия;
- степенью функциональной совместимости систем.

Далее рассмотрим данные параметры более подробно.

#### **4.7.1. Уровни технологической готовности технологий и объектов для интеграции в систему и между собой**

Параметры технологической готовности объектов к взаимодействию актуальны для систем, в которых применяются редкие или нестандартные элементы. Эта же проблематика характерна для ТС которые проходят стадию модернизации и в них внедряются новые технологические решения, влияющие на информационный обмен элементов в системе или информационное взаимодействие систем между собой.

Для оценки уровня готовности (зрелости) технологических решений к внедрению в NASA в 1980-1990 была разработана методика «Technology Readiness Level» (TRL) позволяющая оценить готовность технологий к использованию [63].

*Уровень готовности (зрелости)* – показатель, характеризующий соответствие рассматриваемого объекта, либо определенного этапа его жизненного цикла (от замысла до серийного выпуска), либо качественной степени его развития (от неразвитого до развитого в максимальной степени). Оценка достижения того или иного уровня готовности (зрелости) осуществляется с применением шкал, так называемых уровней готовности (зрелости) [159].

В соответствии с методикой TRL имеется 9-ть уровней технологической готовности (УГТ) (таблица 4.21), которые объединяются в 6 этапов развития технологии, при этом данные этапы могут перекрываться (рис. 4.16). Таким образом, применительно к решению задач обеспечения технической interoperability методика TRL позволяет обосновано оценить уровень технологической готовности (зрелости) нового объекта – элемента системы или новой технологии (технического решения) для внедрения в систему.

Применимость УГТ как параметра технической interoperability ограничивают следующие факторы:

- показатель УГТ не определяет в полной мере применимость технологии (объекта) или техническое совершенство;

- показатель УГТ зависит от контекста применения технологии (объекта) – одна и та же технология (объект) при применении в разных системах может иметь разные уровни готовности;
- показатель УГТ существенно зависит как от операционного окружения, так и от возможных архитектурных несоответствий – технология (объект), разработанная как часть одной системы, может потребовать существенных доработок при применении в другой системе.

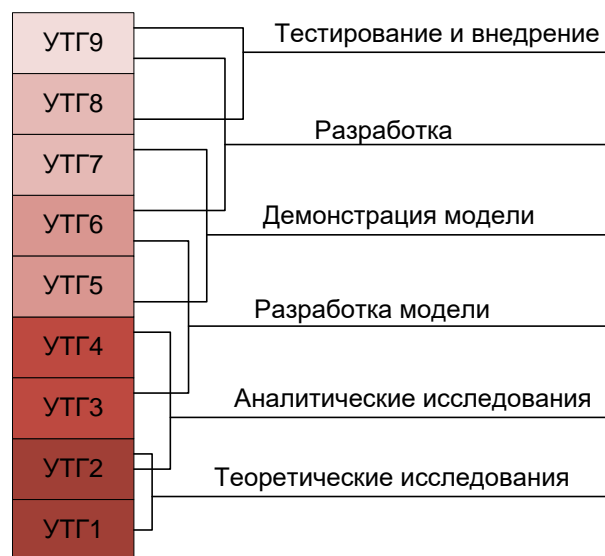


Рис. 4.16. Уровни и значения параметра технологической готовности (зрелости) по методике TRL

Таблица 4.21 – Типовые значения УТГ [63]

Уровни технологической готовности	Описание
УТГ 1. Сформулирована научная концепция технологии (объекта) и обоснование ее полезности	Начальный уровень зрелости технологии. Научные исследования начинают переходить в прикладные исследования. Сформулирована идея. Основные принципы наблюдались и были задокументированы. Проведен анализ существующих решений. Определена потребность в новой технологии (объекте). Сформулировано первичное технологическое / алгоритмическое / архитектурное решение. Проведен экспертный анализ предлагаемого решения: ценность, удобство, реализуемость, прибыльность, востребованность, полезность для развития технологической базы исполнителя
УТГ 2. Сформулирована технологическая концепция	Концепция технологии (объекта) и ее применения сформулированы. Сформулировано предположение, что может быть предложено практическое использование. Аналитический обзор, проведенный в рамках патентного исследования, показал реализуемость и отсутствие аналогичных решений. Сформулировано предварительное техническое задание, определена архитектура (описание основных компонентов и их связей) технологии (объекта): платформа для решения, компоненты, связь и взаимодействие между ними. Проведено моделирование. Проведен предварительный патентный анализ, анализ промышленных и технологических рисков

Уровни технологической готовности	Описание
УТГ 3. Представлены результаты аналитики, теоретически доказана работоспособность предлагаемой концепции. Разработан макетный образец	Проведен аналитический анализ технологической концепции. Сформирован контекст для проведения испытаний и план тестирования. Тестирование и отладка должны доказывать работоспособность предлагаемой технологии (объекта). Изготовлен упрощенный лабораторный образец (макет). Разработана методика тестирования. На физическом / виртуальном опыте подтверждены аналитические предположения ключевых характеристик технологии (объекта), подтверждена ее концепция. Перечень характеристик и функций макетного образца пока не являются репрезентативными, и не включают второстепенные характеристики, а также проверку взаимодействия с системой и внешней средой. Разработаны предложения по стратегии защиты интеллектуальной собственности
УТГ 4. Получен лабораторный образец, подготовлен лабораторный стенд, проведены испытания базовых функций связи с другими элементами системы	Лабораторный образец (модель) изготовлен на лабораторном оборудовании. Основные технологические компоненты интегрированы с целью установить, что отдельные составляющие будут работать в единой модели. Проведено тестирование в расширенном диапазоне параметров, проверены основные характеристики и связь с другими элементами системы. По результатам тестирования проведен сравнительный анализ данной упрощенной модели с окончательным прототипом технологии (объекта). Заказчик принял/одобрил результаты тестирования. Разработана стратегия защиты интеллектуальной собственности
УТГ 5. Изготовлен экспериментальный образец в реальном масштабе по полупромышленной технологии и испытан, проведена эмуляция основных внешних условий	Изготовлен экспериментальный образец в реальном масштабе по полупромышленной технологии. Основные технологические компоненты интегрированы. Проведены испытания расширенного набора функций в лабораторной среде с моделированием основных внешних условий и взаимодействия с другими изделиями. Результаты согласуются с техническим заданием. Учтены требования к технологии, уровень риска, технические характеристики системы для максимального приближения тестового окружения к реальным условиям работы
УТГ 6. Изготовлен полнофункциональный образец. Подтверждены рабочие характеристики в условиях, приближенных к реальности	Демонстрация в условиях, соответствующих реальности. Репрезентативный полнофункциональный образец изготовлен на прототипе производственной линии и протестирован в лаборатории в условиях, воспроизводящих реальность с высокой точностью. На этом уровне снимаются технологические риски. Поданы заявки на патенты
УТГ 7. Прототип технологии (объекта) продемонстрирован в составе системы в реальных условиях эксплуатации	Прототип изготовлен в реальном масштабе на пилотной производственной линии. Проведена его демонстрация в реальных условиях эксплуатации. Установлена система управления прототипом



Уровни технологической готовности	Описание
УТГ 8. Разработана первая версия, полностью пригодная для использования. Пройдено тестирование и демонстрация в реальных условиях	Полнофункциональный образец технологии (объекта) изготовлен на производственной линии. Проведено полное тестирование окончательного варианта образца в составе системы в ожидаемых условиях реальной эксплуатации. Как правило, данный уровень готовности технологии представляет конец процесса разработки технологии. Возможны незначительные дефекты, проводится тестирование для их устранения. Продукт выпускается мелкосерийно
УТГ 9. Технология (объект) удовлетворяет всем требованиям. Возможна ее модификация для снижения себестоимости, развития и эволюции. Функциональность подтверждена в ходе реальной эксплуатации через успешное выполнение испытательных заданий	Фактическое/реальное применение технологии (объекта) в ее окончательном виде и в условиях выполнения реальных заданий, соответствующих эксплуатационным тестам и оценке. Как правило, этот уровень завершает процесс исправления дефектов реально функционирующего продукта. Продукт выпускается серийно. Допустимо, чтобы предыдущий пункт был последним этапом технологической готовности объекта

В России схожая методика введена в действие ГОСТ Р 58048-2017 «Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий» [159], которая помимо методических рекомендаций по определению уровней готовности (зрелости) технологий, производства и систем, дополнительно вводит уровни готовности технологий (объектов) к интеграции – таблица 4.22. При этом под *интеграцией* понимается процесс встраивания в систему отдельных компонентов (технологий / объектов) или сборки системы из компонентов в соответствии с требованиями, которые к ним предъявляются.

Таблица 4.22 – Уровни технологической готовности к интеграции [159]

Уровни	Описание
Уровень 1	Протоколы и интерфейс между технологиями (объектами) определены с детализацией, достаточной для дальнейшего проектирования взаимодействия
Уровень 2	Определены спецификации интерфейса и протоколов, используемых для взаимодействия между технологиями (объектами)
Уровень 3	Достигнута совместимость технологий (объектов), позволяющая обеспечить их упорядоченную и эффективную интеграцию и взаимодействие
Уровень 4	Достигнуто качество взаимодействия и гарантируется интеграция между технологиями (объектами)
Уровень 5	Достигнут достаточный уровень управления технологиями (объектами), чтобы устанавливать, поддерживать и прекращать взаимодействие
Уровень 6	Интегрируемые технологии (объекты) могут принять, преобразовать и структурировать информацию по назначению
Уровень 7	Интеграция технологий (объектов) была проверена и испытана с достаточной для использования степенью детализации
Уровень 8	Интеграция завершена и проверена испытаниями и демонстрацией в составе системы
Уровень 9	Возможность интеграции проверена в реальном применении в при решении целевых задач

#### 4.7.2. Уровни готовности систем к взаимодействию

По аналогии с ГОСТ Р ИСО 11354-2 – 2016 [98] выделим 5 уровней готовности (зрелости) информационной системы к взаимодействию с другими системами – таблица 4.23. Каждый из этих уровней определяет некоторую степень возможностей, необходимых для получения или повышения уровня функциональной совместимости данной информационной системы с другими системами в области их взаимодействия.

Таблица 4.23 – Уровни готовности (зрелости) информационной системы взаимодействовать с другими системами

Уровень готовности (зрелости) системы	Описание
Уровень 0. «Неподготовленный»	Система не имеет возможности или цели информационного взаимодействия с другими организациями
Уровень 1. «Определенный»	Система настроена таким образом, что ее отдельные элементы и компоненты могут ограниченно взаимодействовать с другими системами
Уровень 2. «Согласованный»	Система поддерживает общепринятые форматы данных, протоколы, интерфейсы и стандарты информационного взаимодействия, в рамках которых взаимодействует с другими системами
Уровень 3. «Организационный»	Система способна проводить самоадаптацию, в интересах организации более полного взаимодействия с другими, отличными от нее системами
Уровень 4. «Адаптивный»	Система способна гибко и динамично приспосабливаться при организации информационного взаимодействия.

Уровень 0 «Неподготовленный» – соответствует самому низкому уровню готовности (зрелости) интероперабельности, который характеризуется собственными и разнотипными свойствами информационных систем. При этом ни один из информационных ресурсов не предназначен для совместного применения с другими системами. В общем случае какое-либо информационное взаимодействие между элементами отсутствует и, в частности, отсутствует взаимодействие с другими системами. Взаимодействие с другими системами обеспечивается в основном в виде обмена информацией в ручном режиме. Все информационные системы работают в автономном режиме и не способны к взаимодействию.

Уровень 1 «Определенный» – характеризуется ограниченной степенью возможных взаимодействий и ограниченной способностью к установлению соединений с другими информационными системами. Хотя фактические или предусмотренные информационные системы все еще полностью различаются, некоторые информационные взаимодействия узкого спектра все же могут происходить. Применяется простой электронный обмен данными. Интероперабельность остается весьма ограниченной. Информационные системы зависят от технологий связи и могут работать только на определенных платформах.

Уровень 2 «Согласованный» – данный уровень готовности (зрелости) соответствует подходу, подразумевающему использование интегрированной информационной среды. Данный уровень характеризуется использованием общих форматов данных, а также максимальной степенью использования соответствующих стандартов и гибкостью структуры сети. Информационная инфраструктура и предполагаемые к использованию информационные системы и платформы имеют возможность интеграции и взаимодействия. Выполнение требований по интероперабельности позволяет получить стабильную информационную среду, которая дает возможность устанавливать долгосрочное и устойчивое информационное взаимодействие с внешними системами.

Уровень 3 «Организованный» – данный уровень готовности (зрелости) соответствует унифицированному подходу к формированию информационной среды, и характеризует такую среду, которая соответствует решению проблемы функциональной совместимости. Данный уровень соответствует возможности разнотиповых внутренних информационных систем и большому числу различных внешних систем взаимодействовать между собой, в том числе с использованием общей сетевой среды. Несмотря на то, что информационные системы организаций остаются разнотипными, их интеграцию можно планировать и обеспечивать с помощью соответствующих метамodelей и метаданных. В рамках данного уровня готовности (зрелости) предполагается развитие онтологий или эталонных метамodelей, а также стандартизированных метамodelей данных.

Уровень 4 «Адаптивный» – данный уровень готовности (зрелости) является наивысшим уровнем готовности (зрелости), который можно охарактеризовать способностью информационных систем при необходимости динамически корректировать и приспособлять формы своего информационного взаимодействия без какой-либо предварительной подготовки. На данном уровне зрелости, как правило, уже реализована общая онтология предметной области. Вся информация, сетевая среда и возможности функциональной совместимости информационных систем сами по себе становятся объектами непрерывного совершенствования – эволюционного и адаптационного. Данный уровень зрелости весьма редко достигается в реальных действующих системах.

### **4.7.3. Уровни готовности системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнес-процессов, информационных процессов и служб, данных**

По аналогии с ГОСТ Р ИСО 11354-2 – 2016 [98] вышеуказанные уровни готовности (зрелости) информационной системы по-разному описываются в контексте технической интероперабельности для различных категорий системы: бизнес-процессов, информационных процессов, информационных служб и данных (таблица 4.24).

Таблица 4.24 – Проявление технической интероперабельности на различных уровнях готовности (зрелости) информационной системы

Уровень готовности (зрелости) системы	Категория системы	Проявление технической интероперабельности
Уровень 0. «Неподготовленный»	Бизнес-процессы	«Выборочная» автоматизация, отсутствие в организации широкой ИТ-инфраструктуры
	Инф. процессы	Ручные процессы без ИТ-поддержки
	Инф. службы	Автономные сервисы и приложения
	Данные	Устройства хранения и обработки данных не интегрированы друг с другом; обмен данными возможен только в ручном режиме
Уровень 1. «Определенный»	Бизнес-процессы	Установлена и используется базовая ИТ-инфраструктура и платформы
	Инф. процессы	Ограниченная ИТ-поддержка процессов лишь для информационного обмена узкого применения
	Инф. службы	Присоединяемые службы и приложения. обеспечивают ситуационный обмен информацией
	Данные	Присоединяемые устройства хранения данных, обеспечивающие простой электронный обмен данными
Уровень 2. «Согласованный»	Бизнес-процессы	Согласованная между собой или конфигурируемая ИТ-инфраструктура
	Инф. процессы	Согласуемые между собой технологические средства и платформы
	Инф. службы	Согласуемая или конфигурируемая архитектура служб и интерфейсов
	Данные	Подсоединяемые базы данных, основанные на стандартных протоколах
Уровень 3. «Организационный»	Бизнес-процессы	Открытая ИТ-инфраструктура, обеспечивающая взаимодействие между инфраструктурой системой и с другими платформами и системами
	Инф. процессы	Платформы и средства для совместного выполнения процессов
	Инф. службы	Гармоничное комбинирование или гибкая организация работы служб, обеспечивающих взаимодействие между совместно используемыми приложениями
	Данные	Удаленный доступ к базам данных приложений
Уровень 4. «Адаптивный»	Бизнес-процессы	Адаптируемые и реконфигурируемые ИТ-инфраструктуры и платформы
	Инф. процессы	Динамические и адаптивные средства обработки процессов
	Инф. службы	Динамически компонуемые службы для сетевых приложений
	Данные	Возможности прямого обмена базами данных и средства полного преобразования данных

Уровни готовности 0 и 1 соответствуют ситуации, при которой не существует какого-либо взаимодействия с другими системами (или существу-

ют, но лишь очень ограниченное). То есть эти уровни соответствуют закрытым или «почти закрытым» информационным системам.

Уровни готовности от 2 и выше соответствуют ситуации, когда существует реальная необходимость информационных систем взаимодействовать между собой и здесь другим важным параметром является готовность среды взаимодействия к обмену информацией.

#### 4.7.4. Уровни готовности среды взаимодействия

По аналогии с ГОСТ Р ИСО 11354-2 – 2016 [98] выделим 5 уровней готовности (зрелости) среды взаимодействия при организации обмена информацией между двумя информационными системами – таблица 4.25.

Таблица 4.25 – Уровни готовности (зрелости) среды взаимодействия при организации обмена информацией между двумя информационными системами

Уровень готовности (зрелости) среды взаимодействия	Описание
Уровень 0. «Неподготовленный»	Изолированная среда – среда взаимодействия приспособлена к обмену информацией только в ограниченном ручном режиме (в виде почтовой отправки отдельных документов, отправки/приема факсов и т.д.)
Уровень 1. «Определенный»	Связанная среда – информацией в среде взаимодействия можно обмениваться только посредством простого электронного обмена, например, сообщениями email
Уровень 2. «Согласованный»	Интегрированная среда – среда взаимодействия функционирует на основе общепринятых форматов (стандартов) данных, протоколов и интерфейсов, в соответствии с которыми все остальные системы могут адаптировать свои подсистемы или их компоненты
Уровень 3. «Организационный»	Унифицированная среда – среда взаимодействия использует метамодели, что позволяет интегрировать между собой различные гетерогенные информационные подсистемы
Уровень 4. «Адаптивный»	Обобщенная среда – среда взаимодействия не обладает заранее выбранным форматом или метамоделью, и вместо взаимодействия позволяет подбирать и динамически приспособливать саму среду с использованием априорной информации о параметрах взаимодействия, типе и семантике информации

#### 4.7.5. Степени функциональной совместимости систем

Каждый уровень готовности (зрелости) среды взаимодействия, в свою очередь соответствует определенной степени функциональной совместимости (в диапазоне от полной несовместимости до полной совместимости), как это указано в таблице 4.26.

Таблица 4.26 – Степени функциональной совместимости систем

Степени функциональной совместимости	Описание
Степень 0. «Неподготовленный»	Функциональная совместимость отсутствует или требует ручного вмешательства
Степень 1. «Определенный»	Функциональная совместимость ограничивается лишь отдельными информационными взаимодействиями в рамках решения отдельных задач узкого диапазона
Степень 2. «Согласованный»	Функциональная совместимость ограничивается равноправными одноранговыми отношениями (при использовании общих форматов или стандартов)
Степень 3. «Организационный»	Расширенная функциональная совместимость, подразумевающая осуществление информационного взаимодействия по принципу «многие – с многими» в отношении большого числа гетерогенных систем
Степень 4. «Адаптивный»	Как правило, достигается полная функциональная совместимость, что позволяет системе взаимодействовать по принципу «каждый – с каждым» с большим числом других систем, в том числе и отличающимся по размеру, структуре и принципам управления, а также информационным связям

#### 4.8. Параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла технических систем

*Жизненный цикл* – совокупность стадий, фаз и этапов, которые проходит система, продукция, объект или услуга в своем развитии от момента принятия решения о ее создании до момента прекращения ее функционирования [160, 161].

*Модель жизненного цикла* – структурная основа процессов и действий, относящихся к жизненному циклу, которая также служит в качестве общего эталона для установления связей и понимания [160, 161].

Ранее жизненный цикл ИУС, применительно к интероперабельности, рассматривались в работе [43], однако, с недостаточным уровнем подробности, что актуализирует более глубокое исследование этого аспекта интероперабельности.

##### 4.8.1. Основные модели жизненного цикла технических систем

Модели жизненного цикла системы получили значительное распространение с конца XX в. Основная часть моделей была сформирована в интересах формирования единых подходов разработки, эксплуатации и модернизации сначала военной техники, а в дальнейшем – гражданской продукции широкой номенклатуры. В России в отношении информационных ОТС с 1990-х годов наибольшее распространение получили стандарт ГОСТ 34.601-90 «Автоматизированные системы. Стадии создания» [162] и рекомендация Р 50-605-80-93. «Система разработки и постановки продукции на производство» [163]. В США – модель управления закупками МО США, которая реализована в виде директивы 5000.2, модель национальной ассоциации профессиональных инженеров

NSPE (National Society of Professional Engineers) [164]. В дальнейшем процесс был стандартизован на международном уровне и, в настоящее время, наиболее обобщенная модель жизненного цикла представлена в стандарте ISO/IEC/IEEE 15288:2015 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» [160], а жизненный цикл ПО, как важного частного варианта современных информационных ОТС, в ISO/IEC/IEEE 12207 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного программных систем» [165].

Не существует какой-то одной наилучшей единой модели жизненного цикла. Разные модели делают акцент на разных аспектах систем различного назначения с учетом их специфики и национальных традиций разработки. При этом более поздние модели обобщают и вбирают в себя все лучшие наработки более ранних моделей. С учетом этого в данном подразделе будут рассмотрены основные из вышеуказанных моделей. Вместе с тем стоит отметить, все моделям свойственны типовые стадии, во многом одинаковые с точки зрения обеспечения интероперабельности. В связи с этим модели жизненного цикла рассматриваются не сами по себе, а с той степени подробности чтобы обосновать типовые мероприятия обеспечения интероперабельности на каждом этапе/стадии цикла (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Основные параметры интероперабельности на различных стадиях жизненного цикла технических систем

#### 4.8.1.1. Жизненный цикл автоматизированных систем, в соответствии со стандартом ГОСТ Р 59793-2021

До 2022 г. в России действовали ГОСТ серии 34.xxx, которые определяли комплекс стандартов на автоматизированные системы и широко использовались на практике. В частности, стандарт ГОСТ 34.601-90 [162] определял последовательность этапов и стадий проектирования, производства, ввода в действие и сопровождения эксплуатации *автоматизированных систем (АС)* – систем, состоящих из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций [166]. В 2022 г. был введен новый комплекс стандартов – таблица 4.27.

Таблица 4.27 – Новые стандарты на АС вместо отдельных ГОСТ 34.xxx [168]

Ранее действовавший стандарт	Новый стандарт
ГОСТ 34.601–90 «Автоматизированные системы. Стадии создания»	ГОСТ Р 59793–2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания»
ГОСТ 34.602–89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы». Действие прекращено с 01.01.2022	ГОСТ 34.602–2020 «Техническое задание на создание автоматизированной системы»
ГОСТ 34.603–92 «Виды испытаний автоматизированных систем». Действие прекращено с 30.04.2022	ГОСТ Р 59792–2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем»
ГОСТ 34.201–89 «Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем». Действие прекращено с 01.01.2022	ГОСТ 34.201–2020 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов»
РД 50–34.698–90 «Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов». Действие прекращено с 12.02.2019	ГОСТ Р 59795–2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов»
ГОСТ 34.003–90 «Автоматизированные системы. Термины и определения». Действие прекращено с 01.01.2022	ГОСТ Р 59853–2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения»

Вместо ГОСТ 34.601-90 «Автоматизированные системы. Стадии создания» был принят и введен в действие ГОСТ Р 59793-2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания» [167]. Основные стадии жизненного цикла АС в ГОСТ Р 59793–2021 остались, с незначительными изменениями, такими же, как и в ГОСТ 34.601–90.

Таблица 4.28 – Стадии и этапы жизненного цикла АС по ГОСТ Р 59793–2021 [167]

Стадии	Этапы работ
1. Формирование требований к АС	1.1. Обследование объекта и обоснование необходимости создания АС. 1.2. Формирование требований пользователя к АС. 1.3. Оформление отчёта о выполненной работе



Стадии	Этапы работ
2. Разработка концепции АС	2.1. Изучение объекта. 2.2. Проведение необходимых научно-исследовательских работ. 2.3. Разработка вариантов концепции АС, выбор варианта АС, удовлетворяющего требованиям пользователя 2.4. Оценка рисков проекта 2.5. Оформление отчёта о выполненной работе
3. Техническое задание	3. Разработка и утверждение технического задания на создание АС
4. Эскизный проект	4.1. Разработка предварительных проектных решений по системе и её частям. 4.2. Разработка документации на АС и её части
5. Технический проект.	5.1. Разработка проектных решений по системе и её частям. 5.2. Разработка документации на АС и её части. 5.3. Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС и (или) технических требований (технических заданий) на их разработку. 5.4. Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации
6. Рабочая документация	6.1. Разработка рабочей документации на систему и её части. 6.2. Разработка или адаптация отдельных видов обеспечения АС
7. Ввод в действие	7.1. Подготовка объекта автоматизации к вводу АС в действие. 7.2. Подготовка персонала. 7.3. Комплектация АС поставляемыми изделиями (программными и техническими средствами, программно-техническими комплексами, информационными изделиями). 7.4. Строительно-монтажные работы. 7.5. Пусконаладочные работы. 7.6. Проведение предварительных испытаний. 7.7. Проведение опытной эксплуатации. 7.8. Проведение приёмочных испытаний
8. Сопровождение АС	8.1. Выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами. 8.2. Послегарантийное обслуживание

Отметим, что в соответствии с системой «старых» отечественных стандартов ГОСТ 34.xxx в отношении АС рассматривается такой близкий по отношению к «интероперабельности» термин как «совместимость». В «новом» ГОСТ Р 59853-2021 «Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения» понятие «совместимость» осталось и значит следующее [166]:

- *совместимость АС* – комплексное свойство двух или более АС, характеризующее их способностью взаимодействовать при функционировании. Совместимость АС включает техническую, программную, информационную, организационную, лингвистическую и, при необходимости, метрологическую совместимость;
- *техническая совместимость АС* – частная совместимость АС, характеризующаяся возможностью взаимодействия технических средств этих систем;

- *программная совместимость АС* – частная совместимость АС, характеризующаяся возможностью работы программ одной системы в другой и обмена программами, необходимыми при взаимодействии АС;
- *информационная совместимость АС* – частная совместимость АС, характеризующаяся возможностью использования в них одних и тех же данных в согласованных видах и формах представления и обмена данными между ними;
- *организационная совместимость АС* – частная совместимость АС, характеризующаяся согласованностью правил действия их персонала, регламентирующих взаимодействие этих АС;
- *лингвистическая совместимость* – частная совместимость АС, характеризующаяся возможностью использования одних и тех же языковых средств общения пользователей и персонала с комплексом средств автоматизации этих АС;
- *метрологическая совместимость АС* – частная совместимость АС, характеризующаяся тем, что точность результатов измерений, полученных в одной АС, позволяет использовать их в другой.

Надо отметить, что, во-первых, понятие «совместимости» АС являются эквивалентом частных аспектов понятия «интероперабельность», во-вторых, понятие «организационная совместимость» соответствует отдельным частным процессам организационного уровня интероперабельности; понятие «лингвистической совместимости» – частным процессам семантического уровня интероперабельности; понятия «техническая совместимость», «программная совместимость», «информационная совместимость», «метрологическая совместимость» – отдельным частным процессам технического уровня интероперабельности.

#### **4.8.1.2. Жизненный цикл продукции, в соответствии с рекомендациями Р 50-605-80-93**

Рекомендация Р 50-605-80-93 [163] определяет последовательность этапов и стадий проектирования, производства, ввода в действие и сопровождения эксплуатации *продукции* – объектов промышленного производства, предназначенных для применения в сферах производства, эксплуатации или потребления. При этом под продукцией понимается самый широкий спектр объектов, производимых в различных отраслях и применяемых в различных сферах, в т.ч. и в военной сфере. Последовательность этапов жизненного цикла продукции представлена в таблице 4.29.

В соответствии с [163] *жизненный цикл продукции* – это совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до окончания ее эксплуатации или применения. Этапы жизненного цикла – это не временной период существования продукции данного типа (одного наименования и обозначения), а процесс последовательного изменения ее состояния, обусловленный видом производимых на нее воздействий. При этом продукция конкретного типа мо-

жет одновременно находится в нескольких стадиях жизненного цикла, например, в стадиях производства, эксплуатации и капитального ремонта.

Таблица 4.29 – Некоторые основные стадии и работы жизненного цикла продукции гражданского назначения по рекомендации Р 50-605-80-93 [163]

Стадии	Работы
1. Исследование и проектирование	1.1. Научно-исследовательская работа по созданию продукции. 1.2. Опытно-конструкторская работа по созданию продукции. 1.3. Разработка продукции
2. Изготовление	2.1. Подготовка производства. 2.2. Постановка продукции на производство. 2.3. Промышленное производство продукции
3. Обращение и реализация	3.1. Ввод в эксплуатацию. 3.2. Обращение продукции. 3.3. Поставка продукции
4. Эксплуатация или потребление	4.1. Эксплуатация. 4.2. Работа по рекламациям. 4.3. Техническое обслуживание. 4.4. Ремонт. 4.5. Модернизация выпускаемой продукции. 4.6. Модернизация при эксплуатации. 4.7. Совершенствование выпускаемой продукции. 4.8. Снятие продукции с производства. 4.9. Снятие с эксплуатации 4.10. Утилизация

Таблица 4.30 – Некоторые основные стадии и работы жизненного цикла продукции военного назначения по рекомендации Р 50-605-80-93 [163]

Стадии	Работы
1. Исследование и обоснование разработки	1.1. Проработка заказчика. 1.2. Проработка промышленности. 1.3. Научно-исследовательская работа по созданию изделий военной техники (ВТ). 1.4. Разработка аванпроекта
2. Разработка	2.1 Опытно-конструкторская работа
3. Производство	3.1. Постановка ВТ на производство. 3.2. Серийное производство ВТ. 3.3. Строительство, монтаж, сборка и наладка. 3.4. Поставка ВТ. 3.5. Снятие ВТ с производства
4. Эксплуатация ВТ	4.1. Опытная эксплуатация. 4.2. Подконтрольная эксплуатация. 4.3. Штатная эксплуатация. 4.4. Лидерная эксплуатация. 4.5. Техническая эксплуатация (техническое обслуживание, войсковой ремонт, эвакуация и т.п.). 4.6. Снятие с эксплуатации

В рамках жизненного цикла продукции гражданского назначения в [163] рассматривается 73 вида работ и 23 типа участников работ. В рамках жизненно-

го цикла продукции военного назначения – 25 вида работ и 7 типа участников работ.

#### 4.8.1.3. Жизненный цикл систем, в соответствии с моделью управления закупками Министерства обороны США

Для управления рисками в области применения передовых технологий, и сведения к минимуму дорогостоящих технических или управленческих ошибок, МО США разработало руководство, содержащее необходимые принципы разработки систем – модель управления закупками МО США. Эта модель была формализована в специальном комплексе директив МО США – DoD 5000-ой серии [164].

На рис. 4.17 показан жизненный цикл согласно версии модели, датированной осенью 2008 г. Модель включает 5-ть стадий [164]:

1. анализ решения о материалах;
2. разработка технологии;
3. разработка инженерных и производственных решений;
4. производство и развертывание;
5. эксплуатация и сопровождение.

Два вида деятельности – определение потребностей пользователя и технических возможностей и ресурсов – считаются частью процесса, но не представлены в качестве формальной стадии жизненного цикла [164].

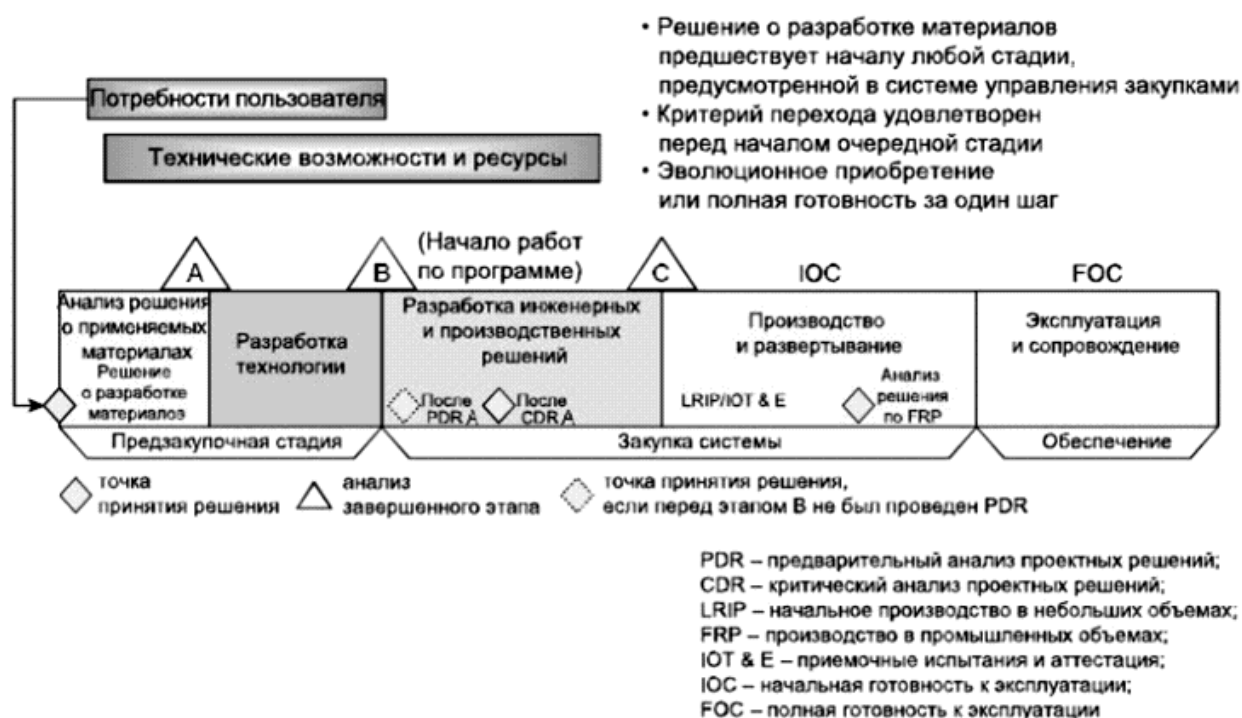


Рис. 4.17. Жизненный цикл системы, в соответствии с моделью управления закупками МО США [164]

Модель МО США ориентирована на управление разработкой больших и сложных систем, когда проведение анализа и принятие решений связываются с ключевыми событиями на протяжении жизненного цикла. Наиболее ответ-

ственный анализ выполняется в так называемых точках принятия решений, которые обозначены буквами А, В и С (рис. 4.17). Для каждой из этих 3-х важнейших точек принятия решений определяются условия входа и выхода. Например, в точке А документ с описанием требований должен быть утвержден военно-техническим комитетом по надзору – только после этого разрешен переход к следующей стадии. Помимо 3-х ключевых точек принятия решений модель предусматривает 4-е дополнительные точки [164]:

1. решение о разработке материалов;
2. предварительный анализ проектных решений (PDR);
3. критический анализ проектных решений (CDR);
4. анализ решения о производстве в промышленных объемах (FRP).

Таким образом, руководство МО США имеет возможность проанализировать и принять решение о будущем программы в 7-ми различных точках на протяжении всего жизненного цикла системы [164].

#### **4.8.1.4. Жизненный цикл автоматизированных систем, в соответствии с моделью национальной ассоциации профессиональных инженеров NSPE**

Типовая модель ассоциации профессиональных инженеров NSPE (National Society of Professional Engineers) ориентирована на разработку коммерческих систем и, прежде всего, новых изделий, создание которых, как правило, стимулируется техническим прогрессом («технологически обусловлено»). Таким образом, модель NSPE – это «гражданская» альтернатива модели управления закупками МО США в том, что касается разделения жизненного цикла типичной системы на стадии.

Жизненный цикл по модели NSPE предусматривает шесть стадий [164]:

1. замысел/концепция;
2. оценка технической реализуемости;
3. разработка;
4. коммерческая валидация и подготовка производства;
5. полномасштабное производство;
6. сопровождение продукции.

#### **4.8.1.5. Жизненный цикл программного обеспечения, в соответствии со стандартом ISO/IEC 12207**

Международный стандарт ISO/IEC/IEEE 12207 «Systems and software engineering – Software life cycle processes» [165], новая версия которого была принята в 2008 г., применим к информационным системам, реализованным в виде ПО, и описывает жизненный цикл программ. Надо отметить, что в 2012 г. в России принят стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [169], который практически полностью идентичен международному стандарту ISO/IEC/IEEE 12207.

В соответствии с данным стандартом жизненный цикл ПО, состоит из следующих стадий:

1. определение требований к системе со стороны заказчика;
2. анализ системных требований к системе;

3. анализ требований к программной реализации системы;
4. проектирование ПО с учетом архитектуры системы;
5. реализация ПО;
6. комплексирование и внедрение ПО в систему;
7. квалифицированное тестирование ПО;
8. поддержка и сопровождение функционирования ПО, в том числе доработка ПО;
9. изъятие ПО из системы, замена его более новым ПО.

Стандарт ISO/IEC/IEEE 12207 довольно подробно описывает процесс проектирования ПО, процессы внедрения и эксплуатации, формируя подробную развернутую модель жизненного цикла ПО (рис. 4.18).

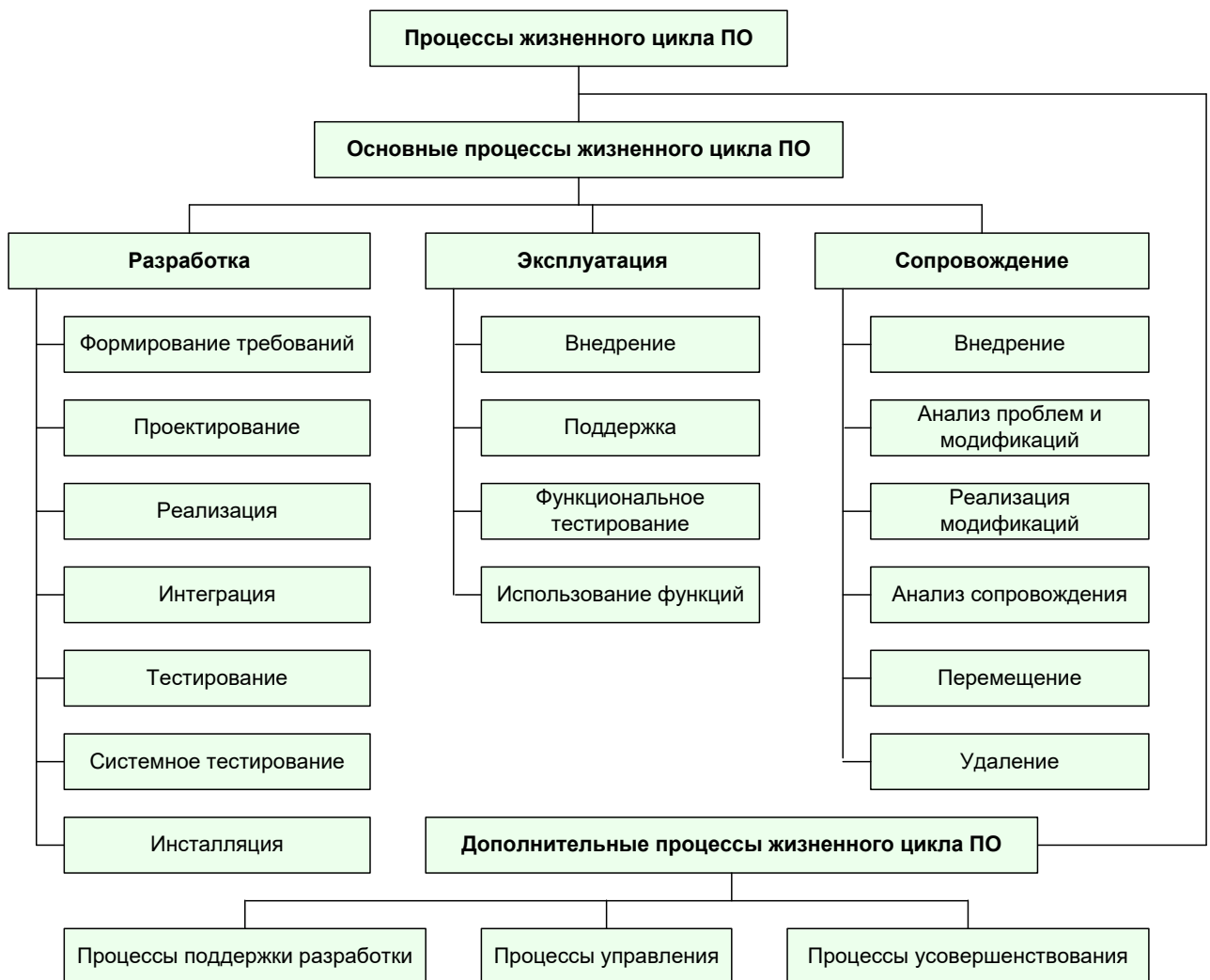


Рис. 4.18. Модель жизненного цикла ПО, в соответствии со стандартом ISO/IEC/IEEE 12207 [169]

Процессы, действия и задачи жизненного цикла приведены в стандарте ISO/IEC/IEEE 12207 в наиболее общей естественной последовательности, которая в общем соответствует методике проектирования «водопад» [170]. Однако, это не значит, что в такой же последовательности эти стадии должны быть применены и при разработке ПО. В зависимости от особенностей системы про-

цессы, действия и задачи стандарта выбираются, упорядочиваются и включаются в процесс разработки, внедрения и эксплуатации (рис. 4.19).

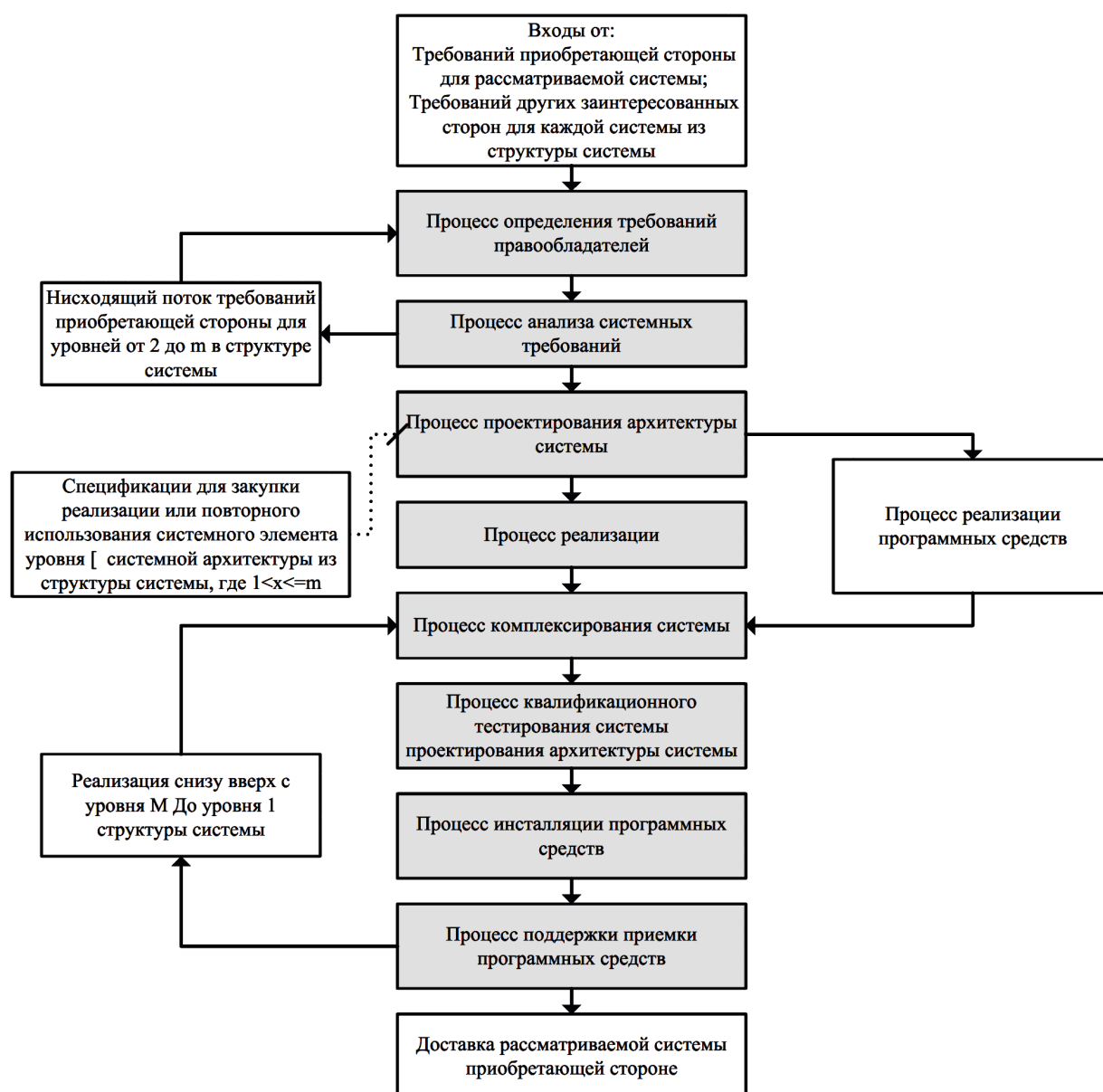


Рис. 4.19. Процесс реализации ПО в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [170]

При таком включении они могут перекрывать, прерывать друг друга, выполняться итерационно или рекурсивно. Такой гибкий характер этого стандарта позволяет реализовать с его помощью произвольную модель жизненного цикла. Из данного стандарта можно выбрать только те процессы, которые более всего подходят для конкретного ПО. Обязательными являются основные процессы, которые присутствуют во всех известных моделях жизненного цикла ПО. В зависимости от целей и задач ПО они могут быть пополнены дополнительными (документирование, обеспечение качества, верификация и валидация и т.п.) и организационными (планирование, управление и др.) процессами из этого стандарта.

#### 4.8.1.6. Жизненный цикл систем, в соответствии со стандартом ISO/IEC/IEEE 15288:2015

В 2015 г. большая международная команда разработчиков выпустила новый стандарт, интегрально объединяющий предыдущие наработки в области моделирования жизненного цикла и распространяющийся на большое число систем различного класса – ISO/IEC/IEEE 15288:2015 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» (ISO/IEC/IEEE 15288:2015 «Systems and software engineering - System life cycle processes») [165]. В России на основе этого стандарта был разработан и утвержден национальный ГОСТ Р 57193-2016 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» [161].

В этой модели жизненного цикла выделяются шесть стадий и 25 основных процессов. Процессы жизненного цикла, декомпозированные по функциональному назначению, представлены на рис. 4.20.

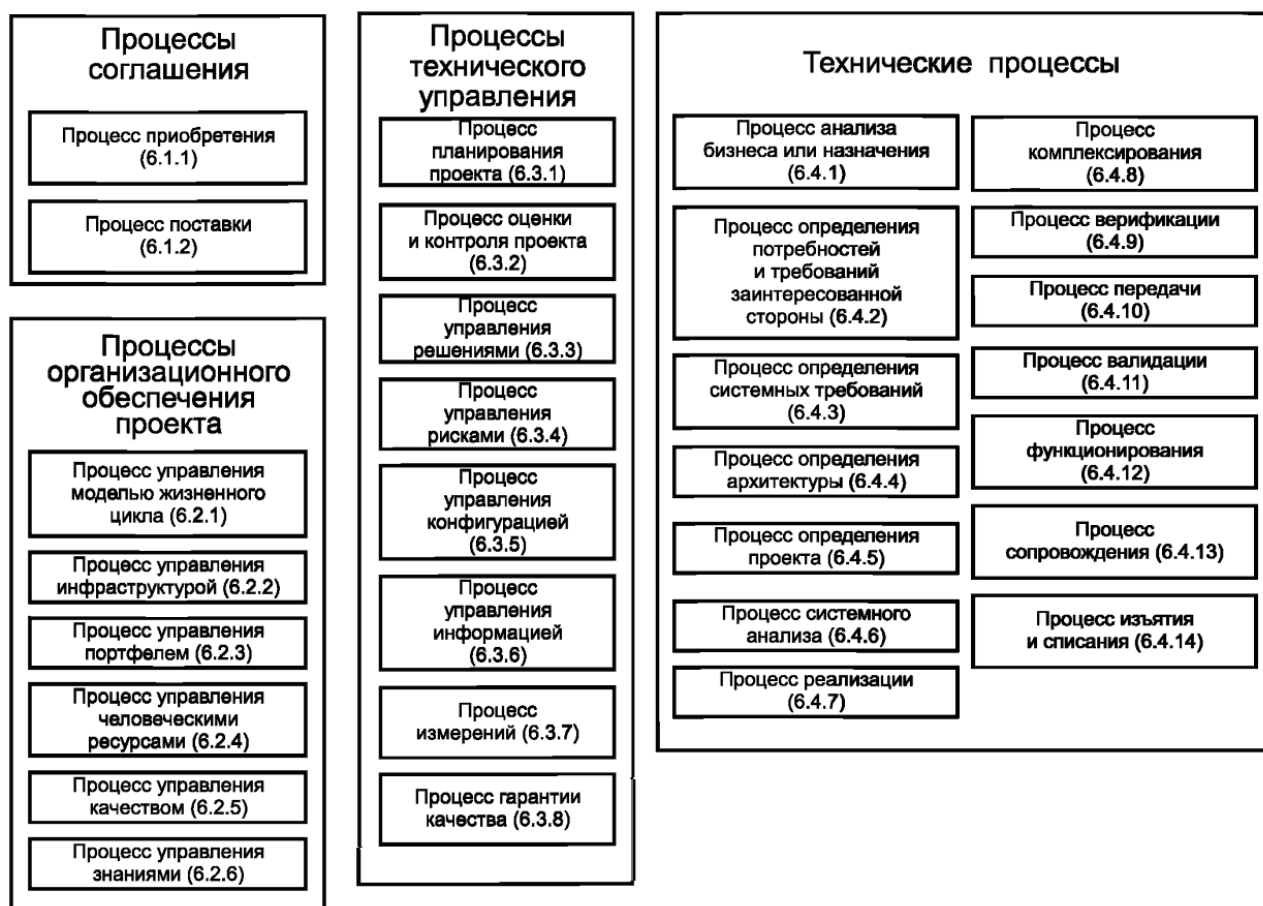


Рис. 4.20. Процессы жизненного цикла в соответствии со стандартом ГОСТ Р 57193-2016 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» [161]

Предполагается, что процессы включают совокупность различных видов деятельности, которая может осуществляться на основных стадиях. Стандарт намеренно не распределяет процессы по стадиям.



Стадии жизненного цикла таковы [161]:

1. замысел;
2. разработка;
3. производство;
4. эксплуатация;
5. сопровождение;
6. списание.

Согласно стандарту, процессы и действия жизненного цикла определяются, соответствующим образом настраиваются и используются в течение стадии жизненного цикла, для полного удовлетворения целей и результатов на этой стадии. В различных стадиях жизненного цикла могут принимать участие разные организации. Не существует единой универсальной модели жизненных циклов систем. Те или иные стадии жизненного цикла могут отсутствовать или присутствовать в зависимости от каждого конкретного случая разработки системы.

#### **4.8.2. Мероприятия обеспечения интероперабельности на каждой типовой стадии жизненного цикла системы**

Анализ вышеизложенных моделей жизненных циклов, а также их обобщение позволяет прийти к выводу что основными типовыми стадиями жизненного цикла информационных ОТС являются:

1. формирование требований к системе;
2. проектирование;
3. создание;
4. ввод в эксплуатацию;
5. эксплуатация;
6. модернизация;
7. утилизация.

При этом на каждом из этих стадий выполняются свои специфические мероприятия, действия и операции по обеспечению интероперабельности – таблица

Таблица 4.31 – Мероприятия, действия и операции по обеспечению интероперабельности на каждом из стадий жизненного цикла информационной ОТС

№	Стадия жизненного цикла	Мероприятия, действия и операции по обеспечению интероперабельности
1	Формирование требований к системе	Формирование базовых требований к обеспечению интероперабельности подсистем, компонент и элементов новой системы
2	Проектирование	Формирование уточненных требований к обеспечению интероперабельности подсистем, компонент и элементов новой системы на организационном, семантическом и техническом уровне. Формирование архитектуры системы с учетом этих уточненных требований к интероперабельности

№	Стадия жизненного цикла	Мероприятия, действия и операции по обеспечению интероперабельности
3	Создание	Разработка системы, в виде совокупности ряда организационно-технических решений, с учетом уточненных требований к обеспечению интероперабельности. Коррекция этих требований, выявление барьеров интероперабельности, с учетом конкретных решений, используемых при создании системы. Устранение барьеров
3	Ввод в эксплуатацию	Практическая проверка работоспособности и эффективности решений по обеспечению интероперабельности
4	Эксплуатация	Накапливается информация о барьерах в обеспечении интероперабельности, которые требуется устранить и учесть в системе на этапе модернизации
5	Модернизация	Формируются новые решения, направленные на устранение недостатков системы и барьеров в обеспечении интероперабельности, выявленных на этапе эксплуатации
6	Утилизация	Формируются и анализируются недостатки в архитектуре и барьеры в обеспечении интероперабельности, которые требуется устранить и учесть в системе следующего поколения

### Основные выводы по 4 главе

В 4-ой главе монографии рассмотрены параметры совместимости и переносимости данных (п. 4.1), как знаково-символьной формы представления информации. На основании этого рассмотрения показано, что понятия совместимости и переносимости данных нужно рассматривать применительно к данным двух типов:

- данные, содержащие пользовательскую или полезную информацию в знаково-символьной форме;
- программы – данные, предназначенные для обработки данных первого типа – исходные тексты, исполнительные коды, сценарии или инструкции программ.

При этом для обеспечения полной совместимости и переносимости данных эти свойства должны реализовываться на всех этапах жизненного цикла данных, с учетом особенностей использования в ОТС различных аппаратно-программных платформ:

- на этапе формирования данных (рассмотрено в п. 4.1.2);
- на этапе передачи и сбора данных (рассмотрено в п. 4.1.3);
- на этапе хранения данных (рассмотрено в п. 4.1.4);
- на этапе обработки данных (рассмотрено в п. 4.1.5);
- на этапе представления и использования данных (рассмотрено в п. 4.1.6).

Представлены параметры совместимости протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания в сетевой инфраструктуре ОТС (п. 4.2). Показано, что совместимость протоколов и интерфейсов должна обеспечиваться в соответствии с моделью OSI, при этом особо критичным для обеспечения бес-

препятственного обмана информацией в ОТС является обеспечение совместимости протоколов и интерфейсов на физическом, канальном, сетевом и транспортном уровне (п. 4.2.1–4.2.2). При обеспечении качества обслуживания в сетевой инфраструктуре ОТС передаваемая информация классифицируется по типу (видео, голос, интерактивные данные, данные не критичные к задержки и т.д.) в соответствии с которым им присваивается класс и категория обслуживания. Для контроля качества обслуживания данных различных классов и категорий используются такие параметры как (п. 4.2.3):

- скорость передачи;
- задержка передачи;
- джиттер;
- вероятность потерь пакетов/сообщений;
- параметры передачи в режиме реального времени;
- параметры установления соединения;
- параметры синхронизации.

Проведен анализ аспектов совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации (п. 4.3). Показано, что для количественной оценки вышеуказанных аспектов в рамках оценки технической интероперабельности ОТС, можно использовать следующие основные параметры:

- параметры формирования, передачи, хранения, обработки и представления информации при работе с ИР (п. 4.3.1);
- параметры обнаружения, поиска и доступа к ИР (п. 4.3.2);
- параметры управления информационными ресурсами и услугами в системе (п. 4.3.3);

которые, в свою очередь, декомпозируются на частные параметры и показатели более «тонкой» оценки аспектов формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации в ОТС.

Предложены параметры автоматизации процессов управления и сетевого взаимодействия (п. 4.4). Показано, что автоматизация процессов управления и принятия решений может определяться:

- степенью автоматизации принятия решений (п. 4.4.2.1);
- степенью автоматизации управления (п. 4.4.2.2);
- степенью автоматизации оценивания адекватности принятых решений и выполняемых действий (п. 4.4.2.3);
- степенью автоматизации человеко-машинного взаимодействия (п. 4.4.2.4);

а автоматизация сетевого взаимодействия:

- степенью автоматизации управления сетевой инфраструктурой (п. 4.4.3.1);
- степенью автоматизации процедур защиты сети от преднамеренных дестабилизирующих воздействий (п. 4.4.3.2);
- степенью автоматизации процедур обеспечения информационной безопасности в сети (п. 4.4.3.3).

Проведен анализ аспектов информационной безопасности ОТС (п. 4.5). Показано, что основными параметрами информационной безопасности могут быть:

- безопасность информации;
- конфиденциальность информации;
- доступность информации;
- целостность информации;

а дополнительными:

- полнота информации;
- достоверность информации;
- подлинность информации;
- полезность информации;
- контроль информации;
- учётность действий пользователей.

Указаны (в п. 4.6), но подробно не рассмотрены, основные параметры технической интероперабельности ЧМИ, которые ранее были в довольно полном виде представлены в работе [32].

Представлены параметры готовности объектов и систем к взаимодействию между собой (п. 4.7):

- уровни технологической готовности технологий и объектов для интеграции в систему и между собой (п. 4.7.1);
- уровни готовности систем к взаимодействию (п. 4.7.2);
- уровни готовности системы к взаимодействию по отношению к категориям бизнес-процессов, информационных процессов и служб, данных (п. 4.7.3);
- уровни готовности среды взаимодействия (п. 4.7.4);
- степени функциональной совместимости систем (п. 4.7.5).

Проведен анализ основных моделей жизненного цикла технических систем (п. 4.8). Рассмотрены модели (п. 4.8.1): автоматизированных систем, в соответствии со стандартом ГОСТ Р 59793-2021; продукции, в соответствии с рекомендациями Р 50-605-80-93; модель управления закупками МО США; моделью национальной ассоциации профессиональных инженеров NSPE; программного обеспечения, в соответствии со стандартом ISO/IEC 12207; систем, в соответствии со стандартом ISO/IEC/IEEE 15288:2015. Сформулированы мероприятия обеспечения интероперабельности на каждой типовой стадии жизненного цикла системы (п. 4.8.2).

В основу 4-ой главы монографии, положено обобщение и развитие материалов предыдущих работ автора [20, 21, 23, 27, 31, 32].

## Заключение

На протяжении 1980-1990-х гг. информационные технологии, за счет своего революционного развития, проникали во все сферы жизнедеятельности человека. Это в конечном итоге привело к тому, что они сформировали новое технологическое ядро систем широкого класса – больших/сложных открытых информационных ОТС. Одновременно с этим, важное значение приобретает обеспечение интероперабельности, как внешней – между отдельными системами, так и внутренней – между компонентами внутри системы, а также между организационной подсистемой ОТС (пользователями) и технической (технические средства, устройства, аппаратура и т.д.). Следствием этого является насущная потребность в уточнении и развитии теоретических и практических основ обеспечения интероперабельности ОТС.

Несмотря на достаточно широкий фронт работ по исследованию вопросов интероперабельности, в настоящее время в отечественной теории отсутствует расширенная описательная модель интероперабельности ОТС, которая бы, с одной стороны, развивала и углубляла положения отечественной эталонной трехуровневой модели интероперабельности, представленной в ГОСТ Р 55062 [15], а с другой стороны – вбирала бы в себя лучшие западные разработки из SCOPE и NIF моделей. Именно проблематике разработки такой расширенной модели и посвящена данная работа, причем параметры интероперабельности, в соответствии с отечественно эталонной моделью, подробно рассматриваются на 3-х ее уровнях: семантическом, организационном и техническом.

Монография не претендует на окончательную верность и полноту изложения всей затронутой проблематики. Данную работу стоит рассматривать, прежде всего, как развитие и дополнение к известным исследованиям в области интероперабельности, а также как промежуточный обобщающий результат, который, в свою очередь, нуждается в уточнении, углублении и расширении. Автор выражает надежду на то, что результат его работы заинтересует широкий круг специалистов, а материал, представленный в монографии, вызовет благосклонное внимание соискателей ученых степеней, специалистов в области проектирования и управления организационными, информационными и техническими системами, а для кого-то, возможно, окажется своеобразной отправной точкой в дальнейших исследованиях. На взгляд автора, наиболее актуальными направлениями развития материала данной монографии являются: расширение представленной модели в направлении учета большего числа основных аспектов интероперабельности (см. рис. 1.12), на различных уровнях; углублённые параметрические исследования уже представленных основных аспектов с целью их уточнения и конкретизации по отношению к системам различного класса и назначения; разработка моделей и методик формализации интероперабельности ОТС, а также разработка методов ее оценки и повышения.

## Список сокращений

ABR	– Available Bit Rate – рекомендуемая битовая скорость
ACL	– Agent Communication Language – язык коммуникации агентов
API	– Application Programming Interface – интерфейс прикладного программирования
ARPANet	– Advanced Research Project Agency Net – сеть Агентства перспективных исследовательских проектов
ASON	– Automatic Switched Optical Network – автоматически коммутируемая оптическая сеть
ASTN	– Automatic Switched Transport Network – автоматически коммутируемая транспортная сеть
ATM	– Asynchronous Transfer Mode – технология асинхронной передачи данных
BC	– Business Critical – трафик, критичный к полосе пропускания
BE	– Best Effort – трафик терпимый к потерям и задержкам
BGP	– Border Gateway Protocol – протокол маршрутизации меж-сетевого шлюза
CBR	– Constant Bit Rate – постоянная битовая скорость
CCJO	– Capstone Concept for Joint Operations – основополагающая концепция совместных операций
CoS	– Class of Service – класс обслуживания
CQ	– Class based Queuing – механизмы обслуживания очередей
CWT	– Cognitive Walkthrough – познавательный сквозной контроль
DiffServ	– Differentiated Service – дифференцированное обслуживание
DNS	– Domain Name System – система доменных имен
DOD	– Department of Defense – Министерство обороны (США)
DODAF	– DOD Architecture Framework – концепция по построению архитектуры министерства обороны США
DOTMLPF	– Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and education, Personnel, and Facilities – руководящий документ министерства обороны США, определяющий в обеспечивающие и смежные процессы: концепции, организации, подготовку кадров, материальное обеспечение, руководство и образование, силы и средства
ebXML	– Electronic Business XML – техническая структура, позволяющая использовать расширяемый язык разметки (XML) для согласованного обмена корпоративными данными

EDA	– Event Driven Architecture – архитектура с управляемыми событиями
EII	– Enterprise Information Integration – интеграция данных в реальном времени с использованием федеративных запросов
ETL	– Extract-Transform-Load – консолидация данных по принципу «выгрузка – преобразование – загрузка»
FIPA	– Foundation for Intelligent Physical Agents – открытые спецификации, поддерживающие интероперабельность агентов и агентных сервисов
FTP	– File Transfer Protocol – протокол передачи файлов по сети
GFR	– Guaranteed Frame Rate – гарантированная скорость кадров
GIG	– Global Information Grid – глобальная информационно-вычислительная сеть Министерства обороны США
GOMS	– Goals, Operations, Methods, Selections rules – цели, операции, методы, правила выбора
HTML	– Hypertext Markup Language – язык гипертекстовой разметки
HTTP	– HyperText Transfer Protocol – протокол передачи гипертекстовых документов в сети Интернет
ICQ	– кроссплатформенная система мгновенного обмена сообщениями, для мобильных и других платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи
IEEE	– Institute of Electrical and Electronics Engineers – Институт инженеров электротехники и электроники
IER	– Information Exchange Requirements – требования к обмену информацией
IntServ	– Integrated Service – интегрированное обслуживание
IP	– Internet Protocol – интернет-протокол
IRC	– Internet Relay Chat – протокол мгновенного обмена сообщениями
ISO	– International Organization for Standardization – Международная организация по стандартизации
JCIDS	– Joint Capability Integration and Development System – руководство по объединенной совместной интеграции и развитию систем
JFCs	– Joint Functional Concepts – концепции совместного функционирования
JICs	– Joint Integrating Concepts – концепции совместной интеграции
JOCs	– Joint Operating Concepts – концепции совместных операций
JOpsC	– Joint Operations Concepts – семейство операционных концепций
LISI-модель	– Levels of Information Systems Interoperability (Model) – модель уровней интероперабельности информационных систем

MCR	– Minimum Cell Rate – минимальная скорость передачи данных
MLI	– Minimum Level of Interoperability – руководство по обеспечению минимального уровня интероперабельности
MODAF	– Ministry of Defense Architecture Framework – концепция по архитектуре Министерства обороны США
MOM	– Message-Oriented Middleware – синхронизация разнородных данных с помощью промежуточного программного обеспечения
MPEG	– Moving Picture Experts Group – видео- и аудио- стандарт для широкоэвещательного телевидения
MPLS	– MultiProtocol Label Switching – протокол быстрой коммутации пакетов по меткам
MS DOS	– MicroSoft Disk Operating System – однозадачная дисковая операционная система для компьютеров архитектуры x86
NASA	– National Aerospace Agency – Национальное космическое агентство США
NCES	– Net-Centric Enterprise Services – сетевые корпоративные услуги
NCOIC	– Network-Centric Operations Industry Consortium – международный индустриальный консорциум в области сетевых технологий
NewSQL	– база данных, которая заимствует от нереляционных баз данных оптимизацию обработки транзакций, масштабируемость, гибкость и бессерверную архитектуру, при этом сама структура организации данных в такой базе данных соответствует реляционным базам данных
NGN	– Next Generation Net – сети следующего поколения
NIAG-модель	– NATO Industrial Advisory Group – модель промышленной консультативной группы НАТО
NIF	– NCOIC Interoperability Framework – руководство по обеспечению интероперабельности
NISP	– NATO Interoperability Standards and Profiles – сборник стандартов и профилей, используемых НАТО
NML	– NATO Maturity Level – модель зрелости НАТО
NNEC	– NATO Network Enabled Capability – концепция единого информационного пространства НАТО
NoSQL	– нереляционная база данных
NR KPP	– («Net Ready») Key Performance Parameter – показатель производительности объединенной системы
NSFNET	– National Science Foundation Network – сеть национального научного фонда США
NSPE	– National Society of Professional Engineers – национальной ассоциации профессиональных инженеров
NP	– Non priority – неприоритетные данные



OSI	– Open System Interconnections – эталонная модель взаимодействия открытых систем
OTH	– Optical Transport Hierarchy – оптическая транспортная иерархия
OWL	– Web Ontology Language – сетевой язык онтологии
P	– Priority – приоритетные данные
PAID	– Procedures, Applications, Infrastructure, Data – процедуры, приложения, инфраструктура, данные
PCR	– Peak Cell Rate – максимальная скорость передачи данных
PDH	– Plesiochronic Digital Hierarchy – плезиохронная цифровая иерархия
PMESII	– Political, Military, Economic, Social, Infrastructure, and Information – политика, военное дело, экономика, социальные процессы, инфраструктура и информация
QoS	– Quality of Service – качество обслуживания
RDF	– Resource Description Framework – среда описания ресурса
RT	– Real Time – трафик «реального времени»
SCADA	– Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных
SCOPE-модель	– Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises model for interoperability assessment – модель оценки interoperability систем, возможностей, действий, программ и организаций
SDH	– Synchronous Digital Hierarchy – синхронная цифровая иерархия
SOA	– Service Oriented Architecture – сервис-ориентированная архитектура
SOAP	– Simple Object Access Protocol – протокол, по которому веб-сервисы взаимодействуют друг с другом или с клиентами
SQL	– Structured Query Language – язык структурированных запросов
STANAG	– Standardization Agreement – стандарт НАТО
TCP	– Transmission Control Protocol – протокол управления передачей данных
TCP/IP	– Transmission Control Protocol/Internet Protocol – стек протоколов передачи данных и адресации ресурсов в сети Интернет
TMN	– Telecommunications Management Network – концепция управления сетью
TOGAF	– The Open Group Architecture Framework – концепция по построению архитектуры открытых рабочих групп
TRL	– Technology Readiness Level – уровень готовности (зрелости) технологий к использованию
UBR	– Unspecified Bit Rate – неопределенная битовая скорость

UDDI	– Universal Description Discovery & Integration – инструмент для расположения описаний веб-сервисов для последующего их поиска другими организациями и интеграции в свои системы
UDP	– User Datagram Protocol – протокол передачи пользовательских данных
URL	– Uniform Resource Locator – формат символьного указателя ресурса в сети Internet
VBR-NRT	– Variable Bit Rate-Non Real Time – переменная битовая скорость для передачи данные не в реальном времени
VBR-RT	– Variable Bit Rate-Real Time – переменная битовая скорость для передачи в реальном времени
WIMP	– Windows – Icons – Menus – Pointing device – графический интерфейс «окна – значки – меню – указатель»
WSDL	– WEB Services Description Language – язык описания веб-сервисов
WUI	– Web User Interface – интерфейс, предназначенный для навигации по информационным сетевым ресурсам с использованием программы web-браузера
WWW	– World Wide Web – мировая паутина сети Интернет
XML	– Extensible Markup Language – расширяемый язык разметки гипертекстов
АП	– агент – пользователь
АС	– автоматизированная система
АСУ	– автоматизированная система управления
БД	– база данных
БЗ	– база знаний
ВВТ	– вооружение и военная техника
ВОЛС	– волоконно-оптическая линия связи
ВС	– вооруженные силы
ВТ	– военная техника
ГОСТ	– государственный стандарт
ЕИП	– единое информационное пространство
ИБ	– информационная безопасность
ИИ	– искусственный интеллект
ИКТ	– инфокоммуникационные технологии
ИР	– информационный ресурс
ИРЭ	– Институт радиотехники и электроники
ИТА	– интеллектуальный технический агент
ИТС	– интеллектуальное техническое средство
ИУС	– информационно-управляющая система
ЛПР	– лицо, принимающее решение
МО	– министерство обороны
НАТО	– Северо-Атлантический военный блок
НИИ	– научно-исследовательский институт

ОС	–	операционная система
ОТС	–	организационно-техническая система
ОУ	–	объект управления
ПА	–	проектирующий агент
ПО	–	программное обеспечение
РАН	–	Российская академия наук
РТА	–	реактивный технический агент
РТС	–	реактивное техническое средство
СОД	–	система обработки данных
СППР	–	система поддержки принятия решений
СССР	–	Союз Советских Социалистических Республик
СУБД	–	система управления базами данных
СЦИУС	–	сетевая информационно-управляющая система
США	–	Соединенные Штаты Америки
ТА	–	технический агент
ТКС	–	телекоммуникационная система
ТС	–	техническое средство
УТГ	–	уровень технологической готовности
ЧМИ	–	человеко-машинный интерфейс
ЭВМ	–	электронно-вычислительная машина

## Глоссарий терминов и определений

*Автоматизация* – использование технических средств с целью освобождения человека от участия в производственных или управляющих процессах, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций.

*Автоматизированная система (АС)* – см. система автоматизированная.

*Агент* – типовой участник процесса взаимодействия, являющийся частью системы. В данной работе под агентом понимается элемент, объект или составная часть системы, относящийся к одному из двух типов: агент-пользователь или технический агент.

*Агент технический* – является технической системой или средством, построенным на основе принципов механики, автоматики, электроники, программной инженерии или робототехники, выполняющей автоматические и автоматизированные функции. Технические агенты делятся на интеллектуальные технические агенты и реактивные технические агенты.

*Агент технический интеллектуальный* – агент, являющийся технической системой или средством, в которых реализована собственная модель знаний и система интеллектуальных функций, в том числе функций взаимодействия. Как правило, интеллектуальные технические агенты реализуются в виде электронной, аппаратно-программной или робототехнической системы, выполняющей интеллектуальные функции в рассматриваемой ОТС.

*Агент технический реактивный* – является технической системой или средством, в которой отсутствует собственная модель знаний, а взаимодействие с таким типов агентов формируется на основе некоторого набора типовых выходных реакций, которые зависят от входных данных и состояния агента. Как правило, реактивные технические агенты реализуются в виде механической или автоматной системы, выполняющей простейшие неинтеллектуальные функции в технической системе.

*Агент-пользователь (АП)* – агент, являющийся человеком-оператором некоторой технической системы, лицом, принимающим решение, пользователем информационной системы. Действия и реакции агента пользователя определяются интеллектом и моделью знаний, существующих внутри него.

*Адаптивность сети* – способность сети самостоятельно изменять свою конфигурацию (проводить реконфигурацию) адаптируясь к изменению условий функционирования.

*Адаптивность системы* – способность системы самостоятельно изменять свою конфигурацию (проводить реконфигурацию) адаптируясь к изменению условий функционирования.

*Адекватность информации* – уровень соответствия, создаваемого с помощью полученной информации образа, реальному объекту, процессу или явлению.

*Адекватность управления* – соответствие управляющих воздействий, формируемых органами управления, реальному состоянию управляемого объекта, среды и цели управления.

*Актуальность информации* – степень соответствия информации текущему моменту времени, реальному состоянию наблюдаемого процесса.

*Актуальность передаваемой информации* – степень соответствия принятой информации текущему моменту времени, реальному состоянию наблюдаемого процесса.

*Актуальность хранимых данных* – степень соответствия хранимых данных текущему моменту времени, реальному состоянию дел.

*Аппаратная переносимость* – см. переносимость аппаратная.

*Аппаратная совместимость* – см. совместимость аппаратная.

*Аппаратно-программная платформа* – см. платформа аппаратно-программная.

*Аспект интероперабельности* – частная характеристика, свойство или параметр процесса обмена информацией или использования информации, полученной в результате такого обмена.

*Аттестационное тестирование интероперабельности* – оценка соответствия тестируемой системы (систем) стандартам, указанным в профиле интероперабельности.

*Аудит интероперабельности* – систематический, независимый и документированный процесс получения записей, фиксирования фактов или другой соответствующей информации и их объективного оценивания с целью установления соответствия достигнутой степени интероперабельности заданным требованиям.

*Аутентичность информации* – свойство, гарантирующее, что заявленные характеристики информации являются подлинными.

*База данных (БД)* – совокупность данных, характеризующих актуальное состояние некоторой предметной области, хранимых в компьютерных системах, при этом данные систематизированы и организованы в виде определенной логической структуры, снабжены дополнительными сведениями (атрибутами, указателями, ключами и т.д.) таким образом, чтобы данные могли быть найдены и обработаны с помощью средств вычислительной техники.

*База знаний (БЗ)* – база, содержащая информацию о человеческом опыте, знаниях в некоторой предметной области, а также правила вывода из них новых знаний и решения задач [65].

*Барьер интероперабельности* – какое-либо препятствие или ограничение, затрудняющее обмен информацией или использование информации, полученной в результате обмена.

*Безопасность* – отсутствие какого-либо риска, в случае реализации которого возникают негативные последствия (вред, ущерб) в отношении кого-либо или чего-либо.

*Безопасность взаимодействия* – способность подсистемы связи обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность содержания информационных сообщений и самого факта их передачи.

*Безопасность взаимодействия* – способность подсистемы связи обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность содержания информационных сообщений и самого факта их передачи.

*Безопасность информации* – состояние защищенности информации, при котором обеспечены ее конфиденциальность, доступность и целостность, а также другие свойства информационной безопасности.

*Безопасность передачи данных* – вероятность обеспечения сохранения в тайне содержания передаваемых информационных сообщений (данных), а также самого факта их передачи.

*Безопасность передачи данных* – вероятность обеспечения сохранения в тайне содержания передаваемых информационных сообщений (данных), а также самого факта их передачи.

*Безопасность функциональная* – отсутствие недопустимого риска причинения вреда (ущерба), связанного с нарушением функционирования системы, включая возможное предсказуемое неправильное использование.

*Бизнес-процессы* – совокупность взаимосвязанных мероприятий или работ, направленных на достижение целей организации.

*Большая система* – см. система большая.

*Большие данные* – см. данные большие.

*Валидация* – в технике или в системе менеджмента качества – доказательство того, что требования конкретного пользователя, продукта, услуги или системы удовлетворены.

*Валидность данных* – состояние данных при котором данные соответствуют ожидаемому формату, значения находятся в ожидаемых диапазонах и имеют ожидаемую точность.

*Верификация данных* – проверка данных на достоверность, правильность, точность.

*Взаимодействие* – процессы воздействия различных объектов друг на друга посредством обмена информацией.

*Взаимодействие человеко-машинное* – процессы воздействия человека (пользователя) и технического средства/системы (машины) друг на друга посредством обмена информацией.

*Внешняя интероперабельность* – см. интероперабельность внешняя.

*Внутренняя интероперабельность* – см. интероперабельность внутренняя.

*Воля* – психическая функция, заключающаяся в способности индивида к сознательному управлению своей психикой и поступками в процессе принятия решений для достижения поставленных целей.

*Восприятие* – это психический процесс, заключающийся в целостном отражении предметов и явлений, действующих в данный момент на органы чувств человека.

*Восходящий подход обеспечения интероперабельности* (подход «снизу – вверх») – см. подход обеспечения интероперабельности восходящий (подход «снизу – вверх»).

*Гетерогенность* – функциональная или структурная разнородность; наличие в системе составных частей, различных по своему составу, целям, функциям и т.д.

*Данные* – поддающееся многократной интерпретации представление информации в формализованном знаково-символьном виде, пригодном для формирования, сбора, хранения, передачи, обработки или представления в информационных системах.

*Данные большие* – совокупность данных обладающих следующими ключевыми характеристиками (так называемые «три V»): volume – чрезвычайно большим объёмом; velocity – как высокой скоростью прироста, так и необходимостью высокоскоростной их обработки для получения результатов; variety – значительного многообразия данным, сочетания структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных, которые должны обрабатываться совместно.

*Декларативные знания* – см. знания декларативные.

*Дизайн* – совокупность функциональности, внешнего вида и удобства использования.

*Длительность хранения данных* – максимальное время в течение которого данные определенного типа и важности хранятся в памяти.

*Документ* – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими её идентифицировать.

*Дополнительная информация* – см. информация дополнительная.

*Достоверность взаимодействия* – способность системы связи обеспечивать требуемую точность передачи информационных сообщений, а также со-

хранять эту точность при преобразовании информации из одного типа в другой (например, из визуальной информации в речевую).

*Достоверность данных* – соответствие данных реальному состоянию исследуемых или наблюдаемых объектов, фактов, событий или явлений;

*Достоверность информации* – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления.

*Достоверность передачи данных* – вероятность обеспечения требуемой точности воспроизведения информационных сообщений (данных) в пунктах доставки, а также вероятность сохранения этой точности при преобразовании информации в процессе ее передачи.

*Доступность данных* – состояние данных при котором субъекты, имеющие права доступа к данным, могут беспрепятственно получить доступ к данным;

*Доступность информации* – состояние информации (информационных ресурсов системы), при котором субъекты, имеющие права доступа к информации, могут реализовывать их беспрепятственно.

*Доступность использования* – свойство систем, сред или оборудования, при наличии которого они могут быть использованы людьми с самым широким диапазоном возможностей для достижения установленных целей в определенных условиях использования.

*Единое информационное пространство (ЕИП)* – совокупность баз и банков данных, информации и знаний, технологий их ведения и использования, информационных систем и телекоммуникационных сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим их информационное взаимодействие, а также взаимодействие с пользователями [143].

*Жизненный цикл (ЖЦ)* – совокупность стадий, фаз и этапов, которые проходит система, продукция, объект или услуга в своем развитии от момента принятия решения о ее создании до момента прекращения ее функционирования [160, 161].

*Жизненный цикл организации* – совокупность стадий развития, которые проходит организация за время своего существования.

*Жизненный цикл продукции* – это совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до окончания ее эксплуатации или применения.

*Загрузка памяти* – среднее отношение количества данных, хранимых в памяти, к ее объему

*Загрузка системы обработки данных* – среднее значение отношения количества элементарных операций, проводимых над данными, к производительности системы обработки данных.



*Задачи организации* – частные цели, которых необходимо достичь или трудности которые необходимо преодолеть в рамках планового периода для достижения глобальных целей организации.

*Закон* – нормативно-правовой акт, принятый законодательным органом власти в особом порядке, регулирующий наиболее важные общественные отношения и обладающей высшей юридической силой. Примерами законов, регламентирующих интероперабельность в РФ, являются законы «О стандартизации в Российской Федерации», «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», «О связи» и др.

*Знание неявное* – знание, которое трудно формализовать, представить, выразить или извлечь, и, следовательно, его трудно передать другим в каком-либо формализованном виде. Неявные знания могут включать личную мудрость, опыт, проницательность и интуицию.

*Знание явное* – знание, которое может быть представлено в виде какой-либо формализованной модели знаний, которое относительно легко может быть передано другим (людям или техническим агентам).

*Знания* – совокупность информации о некоторой предметной области, хранящихся в формально-упорядоченном виде и пригодной для решения какой-либо задачи или достижения определенной цели; проверенный практикой и удостоверяемый логикой результат познания действительности, отраженный в виде представлений, понятий, суждений и теорий. В обобщенном виде можно записать: «знания» = «информация» + «цель».

*Знания декларативные* – знания в форме описания фактов, событий или явлений к которым носитель знания имеет осознанный доступ и которое он может декларировать – т.е. изложить в вербальной (языковой) или знаково-символьной (письменной) форме.

*Знания процедурные* – последовательность действий, которое может использоваться при решении задач, достижения определенной цели и получении новых знаний.

*Изменчивость организационной системы* – это свойство организационной системы изменять с течением времени свою структуру, состав входящих в нее подразделений, структуру и принципы управления, решаемые задачи и достигаемые цели, адаптируясь к изменениям среды, обстановки или к новым целям.

*Имитостойкость системы связи* – способность системы связи противостоять вводу в нее ложной, в том числе и ранее переданной информации и навязыванию ей ложных режимов работы;

*Имитоустойчивость системы связи* – способность системы связи обеспечивать требуемый уровень имитостойкости в условиях ввода в нее ложной, в том числе и ранее переданной информации, а также навязыванию ей ложных режимов работы;

*Индивидуальные психические особенности* – своеобразные свойства психической активности личности, которые выражаются в его темпераменте, характере, способностях, чувствах и эмоциях, а также в проявлении воли. Индивидуальные психические особенности формируются в результате обобщения его индивидуальных биологических и социально приобретенных свойств, вовлеченных в поведение человека, а также в его деятельность и общение.

*Инструкция* – нормативно-правовой акт или нормативно-технический документ, регулирующий организационные, научно-технические, технологические, финансовые и иные специальные стороны деятельности, как правило, содержащий детальное, пооперационное описание последовательности и содержания действий при выполнении какого-либо процесса (производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации), исследования (испытания), измерения (включая отбор образцов), процедур оценки соответствия или выпуска продукции (технических средств и систем, сооружений, работ, услуг).

*Интеграция* – процесс встраивания в систему отдельных компонентов или сборки системы из компонентов в соответствии с требованиями, которые к ним предъявляются.

*Интегрированная система* – см. система интегрированная.

*Интеллектуальная функция* – одна или совокупность нескольких функций, выполнение которых традиционно считаются прерогативой человека, а именно: осознание новых ситуаций; обучение и запоминание на основе предыдущего опыта; понимание и применение абстрактных концепций; познание и формирование знаний; использование знаний для решения проблем и управления окружающей средой.

*Интеллектуальные технические средства (ИТС)* – см. средства технические интеллектуальные.

*Интеллектуальный технический агент (ИТА)* – см. агент технический интеллектуальный.

*Интенсивность формирования данных* – количество информационных сообщений (данных) фиксированного объема формируемых в единицу времени.

*Интерактивная система* – см. система интерактивная.

*Интерактивный подход обеспечения интероперабельности* – см. подход обеспечения интероперабельности интерактивный.

*Интероперабельная система* – см. система интероперабельная.

*Интероперабельность* – способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена.

*Интероперабельность бизнеса* – способность организаций к совместной работе с целью решения целевых задач, как правило, в рамках ведения совместной коммерческой или производственной деятельности – бизнеса.

*Интероперабельность внешняя* – интероперабельность между рассматриваемой системой и другими системами или с внешней средой.

*Интероперабельность внутренняя* – интероперабельность между составными частями, внутренними подсистемами, объектами, компонентами и элементами рассматриваемой системы.

*Интероперабельность данных* – способность объектов обмениваться между собой информацией в формализованном знаково-символьном виде, пригодном для формирования, сбора, хранения, передачи, обработки или представления в информационных системах.

*Интероперабельность организаций* – способность организаций или находящихся в них объектов обмениваться информацией и использовать информацию, полученную в результате такого обмена.

*Интероперабельность организационная* – совместимость или совместность целей организаций, их бизнес-процессов, а также единство или эквивалентность нормативно-правовой базы, регламентирующей процессы информационного взаимодействия.

*Интероперабельность процессов* – способность организаций или их структурных подразделений обмениваться информацией или другими материальными объектами, необходимыми им для выполнения целевых коммерческих, производственных или обеспечивающих процессов.

*Интероперабельность семантическая* – способность взаимодействующих объектов правильно и одинаковым образом интерпретировать смысл информации, которой они обмениваются.

*Интероперабельность синтаксическая* – вид интероперабельности, позволяющей участвующим системам единообразно воспринимать и интерпретировать форматы информации/данных, которыми они обмениваются.

*Интероперабельность техническая* – способность к обмену информацией между участвующими в обмене системами с использованием технических средств.

*Интероперабельность услуг* – способность организаций или их структурных подразделений запрашивать, предоставлять и использовать услуги друг друга.

*Интерпретация* – раскрытие смысла информации, текста или знаковой структуры, способствующее их пониманию.

*Интерфейс* – совокупность средств и правил взаимодействия отдельных систем и объектов [105].

*Интерфейс обмена данными с памятью* – совокупность технических средств и стыков оборудования, предназначенных для взаимодействия с памятью отдельных элементов системы.

*Интерфейс человеко-машинный* – интерфейс, обеспечивающий передачу информации между человеком (пользователем) и техническим средством/системой (машиной).

*Информационная безопасность (ИБ)* – это состояние, при котором обеспечивается конфиденциальность, целостность и доступность информации. Кроме этих свойств информационной безопасности к ней могут быть отнесены свойства, например, аутентичность и достоверность информации, неотказуемость и учётность действий пользователя и др.

*Информационная безопасность обработки данных* – вероятность обеспечения целостности, доступности и конфиденциальности данных при их обработке.

*Информационная безопасность хранимых данных* – вероятность обеспечения целостности, доступности и конфиденциальности информационных сообщений (данных) при их хранении в памяти.

*Информационная система* – см. система информационная.

*Информационная совместимость автоматизированных систем* – см. совместимость информационная автоматизированных систем.

*Информационная услуга (информационный сервис)* – см. услуга информационная.

*Информационно-телекоммуникационная сеть* – см. сеть информационно-телекоммуникационная.

*Информационно-технический справочник* – документ, содержащий систематизированные данные в определенной области и включающий в себя описание технологий, процессов, методов, способов, оборудования и иные данные.

*Информационные процессы* – это процедуры и операции, проводимые над информацией, которые включают в себя: формирование, сбор и передачу, хранение и архивацию, обработку, использование, представление и уничтожение информации.

*Информационный ресурс (ИР)* – отдельный массив информации, который представлен в форме документов, массивов сведений, баз данных, баз знаний или других форм организованного представления информации [62].

*Информация* – сведения, независимо от формы их представления, относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определенном контексте имеют конкретный смысл (семантическое значение) и интерпретацию. В обобщенном виде можно записать: «информация» = «данные» + «смысл».

*Информация дополнительная* – сведения, которые позволяют более правильно интерпретировать основную информацию: эмоциональный окрас; обстоятельства формирования информации; характеристики достоверности, полноты, оперативности сообщаемой информации; целесообразные действия в сложившихся условиях, необходимость запроса дополнительных и уточняю-

щих сведений; данные о форме представления основной информации (аудио, видео, символные сообщения) и т.д.

*Информация неявная* – информация, которую сложно представить в какой-либо знаково-символьной, визуальной или вербальной форме, позволяющей относительно легко интерпретировать ее смысл. К неявной информации может относиться информация о психологическом и эмоциональном состоянии; о национальных, культурных, религиозных и исторически обусловленных традициях или событиях, о нюансах социальных и организационных ролей, о подтексте, двойном или скрытом смысле определенных сообщений.

*Информация явная* – информация, которая может быть представлена в знаково-символьной, визуальной или вербальной (голосовой) форме, которая позволяет относительно легко интерпретировать ее смысл.

*Качество* – степень соответствия совокупности присущих некоторому объекту характеристик определенным требованиям.

*Качество данных* – интегральный показатель, отражающий степень пригодности данных к решению задач пользователя. Как правило, включает в себя такие свойства как полноту, достоверность, точность, согласованность, целостность, обоснованность, расхождение, уникальность, валидность, доступность и своевременность данных.

*Качество интероперабельности* – степень соответствия достигнутых показателей интероперабельности требуемым значениям.

*Качество обслуживания* – способность сети (системы связи / телекоммуникационной системы) обеспечить необходимый (требуемый) уровень множества параметров при передаче пользовательских данных (трафика) определенного типа путем использования различных сетевых технологий, протоколов и интерфейсов.

*Класс обслуживания* – это стандартизированная совокупность значений показателей, характеризующая определенный уровень обслуживания при предоставлении определённой услуги в рамках определённой телекоммуникационной технологии с учетом характеристик типовых видов трафика [139].

*Классификатор* – документ, распределяющий информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и др.) и являющийся обязательным для применения в информационных системах при обмене информацией.

*Когнитивная обработка* – процесс преобразования информации в знания, путем ее агрегирования, интерпретации, логико-семантической верификации и встраивания в существующую модель знаний.

*Когнитивность* – способность к восприятию информации и ее интерпретации [38].

*Компьютерная сеть* – см. сеть компьютерная.

*Контекст* – обстоятельства, от которых зависит восприятие информации; совокупность фактов и обстоятельств, в окружении которых происходит какое-либо событие, существует какое-либо явление, какой-либо объект.

*Контроль информации* – свойство информации, состоящее в фактической реализации возможности пользователя распоряжаться и пользоваться информацией, а также проводить над ней санкционированные политикой безопасности операции.

*Конфигурация сети* – формализованное представление текущего состояния сети, описывающее распределение ресурсов на всех ее уровнях, состава и взаимного расположения линий и узлов, оборудования узлов, протоколов, алгоритмов и их параметров, а также множество путей передачи данных, которые в настоящий момент реализованы в сети.

*Конфиденциальность информации* – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на это право.

*Концептуальная модель* – см. модель концептуальная.

*Корпоративная культура* – это определенная, сложившаяся совокупность принципов, приемов, способов и моделей поведения и взаимодействия членов организации, относящаяся к: нормативно-правовой базе, регламентирующей формальные аспекты деятельности организации; формальным правилами и неформальным обычаями ведения дел и организации взаимодействий; принятой системой подчиненности и лидерства; стилям разрешения противоречий и конфликтов; принятым нормам при гендерных, межнациональных и межрелигиозных взаимоотношениях; этическим и нравственным правилам, а также нормам поведения, принятым в организации.

*Криптостойкость системы связи* – способность системы связи обеспечивать заданный уровень криптографической защиты и противостоять раскрытию смыслового содержания передаваемой информации.

*Критерий* – это признак, правило, мера суждения, на основании которых проводится оценка или классификация чего-либо по значениям одного критерияльного показателя (простой критерий) или нескольких показателей (интегральный критерий).

*Критерий обеспечения интероперабельности* – признак, правило, мера суждения, на основании которых проводится оценка достигнута ли требуемая степень интероперабельность или нет.

*Лаконичность информации* – пользователю предоставляется только та информация, которая необходима для выполнения целевой задачи;

*Лингвистика* – учение о языке, исследующее закономерности его структуры, функционирования и развития, включающее сравнение отдельных языков с целью выявления генетических и типологических связей между ними.

*Лингвистическая совместимость* – см. совместимость лингвистическая.

*Лингвистическая совместимость автоматизированных систем* – см. совместимость лингвистическая автоматизированных систем.

*Математическое обеспечение* – см. обеспечение математическое.

*Машина* – техническое средство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации.

*Метаданные* – служебные данные для описания характеристик основных данных в базах данных, которые используются при организации процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления данных.

*Методика достижения интероперабельности* – систематизированная совокупность этапов, действий и операций, которые нацелены на достижение требуемой степени интероперабельности.

*Метрологическая совместимость автоматизированных систем* – см. совместимость метрологическая автоматизированных систем.

*Модель* – упрощенный объект, который сохраняет основные свойства реального объекта-прототипа и предназначенный для изучения этих свойств или протекающих в прототипе процессов. К моделям предъявляются следующие основные требования: 1) адекватность – соответствие модели исходной реальной системе-прототипу; 2) точность – степень совпадения полученных в процессе моделирования результатов с реальными значениями; 3) универсальность – применимость модели к анализу ряда однотипных систем; 4) целесообразная экономичность – точность получаемых результатов и общность решения задачи должны увязываться с затратами на моделирование.

*Модель данных* – это описание представления данных и процессов их обработки, формализующее три основных аспекта: типы данных и структуру их организации; способы манипуляции с данными и выполнения операций над ними; способы описания и поддержки целостности данных.

*Модель жизненного цикла* – структурная основа процессов и действий, относящихся к жизненному циклу, которая также служит в качестве общего эталона для установления связей и понимания [160, 161].

*Модель знаний* – структура логически и семантически взаимосвязанных знаний о некоторой предметной области, включающая в себя: 1) факты, относящиеся к предметной области; 2) закономерности, характерные для предметной области; 3) гипотезы о возможных связях между явлениями, процессами и фактами; 4) процедуры для решения типовых задач в данной предметной области.

*Модель интероперабельности* – модель, описывающая показатели качества и критерии обеспечения интероперабельности для различных ее аспектов на уровнях эталонной модели интероперабельности.

*Модель интероперабельности эталонная* – модель представления процессов обеспечения интероперабельности, декомпозированная на уровни, каждый из которых формализует основные специфические аспекты интеропера-

бельности: организационный уровень; семантический уровень; технический уровень.

*Модель качества* – определенное множество характеристик и взаимосвязей между ними, которые обеспечивают основу для задания требований к качеству и оценки качества.

*Модель концептуальная* – модель, отражающая с необходимой полнотой систему-прототип, в том или ином содержательном ее аспекте, и сформулированная на естественном языке с использованием положений логики здравого смысла (прескриптивная модель) или теоретико-множественных построений (дескриптивная модель).

*Модель описательная* – модель, отражающая с необходимой полнотой моделируемый объект, в основных его содержательных аспектах, и сформулированная на естественном языке с использованием положений логики и здравого смысла.

*Надежность* – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, техобслуживания, хранения и транспортирования.

*Надежность системы обработки данных* – способность системы обработки данных сохранять во времени требуемые значения эксплуатационных показателей, технического обслуживания, восстановления и ремонта.

*Надежность хранения данных* – вероятность обеспечения точности воспроизведения данных при их считывании из памяти, а также сохранения этой точности при преобразовании данных в процессе их хранения.

*Неотказуемость действий пользователя* – способность информации удостоверить имевшее место событие или действие и их пользователей или субъектов так, чтобы это событие, действие, пользователи или субъекты, имеющие к нему отношение, не могли быть поставлены под сомнение.

*Непрерывность управления* – возможность органов управления постоянно взаимодействовать с объектами управления.

*Непротиворечивость информации* – степень соответствия этой информации другой информации, поступившей ранее или из других источников.

*Неявная информация* – см. информация неявная.

*Неявное знание* – см. знание неявное.

*Нисходящий подход обеспечения интероперабельности* (подход «сверху – вниз») – см. подход обеспечения интероперабельности нисходящий (подход «сверху – вниз»).

*Нормативно-правовая база* – в рамках данной работы: совокупность нормативно-правовых актов и документов, регламентирующих вопросы интероперабельности.



*Нормативный правовой акт* (НПА) – официальный документ установленной формы, принятый в пределах своей компетенции уполномоченным на это международным, государственным или общественным органом (должностным лицом), с соблюдением установленной законодательством процедуры, содержащий установление, изменение и отмену правовых норм или общеобязательных правил, рассчитанных на неопределённый круг лиц и неоднократное применение.

*Обеспечение* – совокупность мер и средств, создание условий, способствующих нормальному протеканию процессов, реализации намеченных планов, программ, проектов, поддержанию стабильного функционирования данной системы и ее объектов, предотвращению сбоев, нарушений законов, нормативных установок, контрактов.

*Обеспечение информационное* – создание информационных условий функционирования системы; обеспечение необходимой информацией, включение в систему средств поиска, сбора, хранения, накопления, передачи, обработки информации, организация банков данных.

*Обеспечение математическое* – совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, позволяющих решать задачи обработки информации.

*Обеспечение программное* – программы, процедуры и, возможно, соответствующая документация и данные, относящиеся к функционированию компьютерной системы.

*Обеспечение техническое* – совокупность технических средств, вычислительной техники, средств передачи информации, используемых в автоматизированных системах управления и в информационных системах, научно-технических, опытно-экспериментальных исследований.

*Облачное хранилище файлов* – децентрализованная распределённая совокупность файловых серверов, функционирующая под единым управлением (облако), позволяющее пользователям и приложениям получать доступ к файлам через совместно используемые файловые системы.

*Обнаруживаемость информации* – акцентирование внимания пользователя на требуемую, важную или срочную информацию.

*Обоснованность данных* – собранные данные отвечают поставленным целям и задачам;

*Обработка данных* – совокупность операций над данными, совершаемых с использованием средств автоматизации или вычислительной техники, направленных на повышение качества данных. К таким операциям относятся: очистка, агрегирование, систематизация, инвентаризация, маркировка, сортировка, верификация, уточнение, обогащение, обновление, поиск, изменение, извлечение, использование, обезличивание и т.д.

*Общесистемный подход обеспечения интероперабельности* – см. подход общесистемный обеспечения интероперабельности.

*Объективность информации* – независимость информации от чьего-либо мнения или сознания, а также от методов ее получения.

*Объем памяти* – максимальное суммарное количество данных которое может быть размещено в памяти.

*Оперативность обработки данных* – среднее время, необходимое на обработку требуемых данных с момента поступления запроса на их обработку.

*Оперативность управления* – способность органов управления получать, обрабатывать и преобразовывать информацию, а также формировать управляющие воздействия и доводить их до управляемых объектов в соответствии с темпом изменения текущей ситуации.

*Описательная модель* – см. модель описательная.

*Организационная интероперабельность* – см. интероперабельность организационная.

*Организационная подсистема организационно-технической системы* – совокупность: персонала, иерархий подчинённости, структуры и принципов управления и информационного взаимодействия между людьми.

*Организационная система* – см. система организационная.

*Организационная совместимость автоматизированных систем* – см. совместимость организационная автоматизированных систем.

*Организационно-техническая система (ОТС)* – см. система организационно-техническая.

*Организационный уровень интероперабельности* – см. уровень интероперабельности организационный.

*Организация* – группа людей, деятельность которых направлена на достижение общих целей. Организация по своему типу может быть, как формальной, например, государственной или военной системой управления, предприятием или компанией, выпускающей какую-либо продукцию или предоставляющей какие-либо услуги, так и неформальной, например, сообщество людей, объединенных общей идеей или целью. В контексте данной работы рассматривается случай формальной организации, когда ее деятельность частично или полностью автоматизированы за счет использования технических средств, при этом такая организация в формальном виде может быть представлена в виде организационно-технической системы.

*Открытая система* – см. система открытая.

*Параметр* – количественная характеристика свойств чего-либо или кого-либо.

*Параметр интероперабельности* – количественная характеристика отдельного аспекта или свойства процесса обмена информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена.

*Переносимость* – способность объекта относительно легко быть перенесенным с аппаратно-программной платформы одного типа на платформу другого типа [115].

*Переносимость аппаратная* – возможность аппаратных и технических средств быть включенными в состав различных систем (платформ) с сохранением их работоспособности и качества функционирования [123].

*Переносимость данных* – способность данных относительно легко быть перенесенным с аппаратно-программной платформы одного типа на платформу другого типа с сохранением их смысла и содержания, без необходимости их повторного ввода.

*Переносимость программная* – возможность переноса программы из исходной системы (платформы) в другую систему (платформу) с сохранением ее функциональности в новой системе (платформе) [119].

*Персонал организации* – совокупность: лиц, принимающих решения; менеджеров, командиров и начальников; пользователей; специалистов различного профиля, вовлеченных в бизнес-процессы организации в интересах достижения ее целей.

*Платформа* – совокупность основных компонентов, набор комплектующих, типовые конструктивные и технологические решения, применяемое оборудование в конструкции какого-либо изделия.

*Платформа аппаратно-программная* – совокупность вычислительных аппаратных средств и, функционирующих поверх них, операционной системы и программного обеспечения, работающих совместно для выполнения пользовательских задач.

*Подлинность* – свойство, гарантирующее, что субъект или объект идентичны заявленному.

*Подлинность информации* – достоверность утверждения о происхождении или авторстве информации.

*Подсистема* – набор элементов, компонентов, частей системы, объединенных по определенному признаку, которые можно в исследуемом контексте рассматривать автономно от остальной системы.

*Подход* (комплексный, системный, научный) – понятие, подчеркивающее значение комплексности, широты охвата и четкой организации в исследовании и проектировании. В основном, связано с построением и изучением формальных и абстрактных систем в математической теории систем и смежных областях научного знания. Например, хорошо известны: программно-целевой подход, подходы к решению оптимизационных задач, подходы к организации и проведению имитационных экспериментов, подходы к решению задач автоматизации и т.п. Подход является элементом методологии практически любой теории, функционально выполняя роль некой «связи» между методами, обла-

дающими чрезмерной общностью и методиками, алгоритмами, способами, технологиями и техническими решениями, отличающихся сугубой конкретикой.

*Подход обеспечения интероперабельности восходящий* (подход «снизу – вверх») – подход, ориентированный на решение проблемы интероперабельности путем принятия конкретных технологий или стандартов формирования, хранения, передачи, обработки и представления информации. Данный подход в большей степени сосредоточен на технических аспектах интероперабельности, а также на тех преимуществах, которые она обеспечивает, будучи внедренной в различные системы.

*Подход обеспечения интероперабельности интерактивный* – подход, ориентированный на решение проблемы интероперабельности в точках сопряжения различных систем между собой, делающий акцент на достижении интероперабельности тех систем, в которых уже используются различные по своей сути технологии или стандарты формирования, хранения, передачи обработки и представления информации.

*Подход обеспечения интероперабельности нисходящий* (подход «сверху – вниз») – решения проблемы интероперабельности сначала с точки зрения архитектуры системы в целом, а в дальнейшем – для отдельных подсистем, элементов и процессов системы. В этом подходе интероперабельность, как правило, является ключевым внутренним свойством, при этом утрата этого свойства влечет неспособность системы достичь цели своего функционирования.

*Подход обеспечения интероперабельности общесистемный* – подход, ориентированный на решение проблемы интероперабельности в рамках определенной системы, путем формирования единой среды информационного взаимодействия ее компонентов.

*Показатель* – характеристика, функция характеристик или величина, выбранная для оценки некоторого свойства объекта или совокупности его свойств.

*Показатель интероперабельности* – совокупность характеристик, функций характеристик или величин, качественно и количественно оценивающих степень достижения интероперабельности.

*Полезность информации* – свойство информации быть использованной в интересах решения задач пользователя.

*Полнота данных* – данные отражают все ожидаемые характеристики исследуемых объектов в ожидаемом объеме; состав и объем данных достаточен для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения;

*Полнота информации* – состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения.

*Пользователь* – лицо или организация, которое использует техническую систему для выполнения конкретных функций или достижения определенной цели.

*Понятие* – отображённая в мышлении совокупность существенных свойств и отношений какого-либо предмета, явления или события реального мира, либо абстрактного объекта.

*Понятность информации* – смысл информации ясен, недвусмыслен и легко понимаем.

*Постоянство информации* – одинаковая информация представляется одинаковым образом, при этом форма представления соответствует ожиданиям пользователей.

*Поток данных* – последовательность непрерывно генерируемых данных. В отличие от файла поток данных не имеет какого-либо определенного размера или завершённой конечной реализации.

*Предметная область* – множество всех предметов как какой-либо части реального физического мира, так и социального, организационного мира человека, свойства которых и отношения между которыми изучаются, рассматриваются и интерпретируются.

*Принцип* – основополагающие руководящие положения, основное правило или фундаментальный подход в какой-либо деятельности, либо основная особенность.

*Программа компьютерная* – последовательность инструкций на машинном языке, определяющих процедуру решения конкретной задачи в компьютерной системе.

*Программная переносимость* – см. переносимость программная.

*Программная совместимость* – см. совместимость программная.

*Программная совместимость автоматизированных систем* – см. совместимость программная автоматизированных систем.

*Программное обеспечение (ПО)* – см. обеспечение программное.

*Программное обеспечение системы обработки данных* – программа или множество программ, используемых для управления системой и обработке данных на ней

*Продукция* – объекты промышленного производства, предназначенные для применения в сферах производства, эксплуатации или потребления.

*Проектирующий агент (ПА)* – агент, который может представлять собой как агента-пользователя, так и интеллектуального технического агента, создающего множество реактивных технических агентов и задающий типовые способы их взаимодействия, а также их реакции на поступающую информацию. Эти набор и способы взаимодействия в дальнейшем используются другими разработчиками для формирования собственных агентов.

*Производительность памяти* – среднее суммарное количество данных фиксированного объема, которыми можно обмениваться с памятью (в режиме чтения/записи) в единицу времени.

*Производительность сети (сетевой инфраструктуры)* – суммарное количество информационных сообщений (данных) фиксированного объема передаваемых в сети в единицу времени с требуемым качеством обслуживания.

*Производительность системы обработки данных* – максимальное количество элементарных операций, которое может быть проведено над данными, в единицу времени

*Пропускная способность (скорость) взаимодействия* – способность подсистемы связи передавать определенный объем информационных сообщений в единицу времени.

*Протокол* – формализованный набор правил, задаваемых алгоритмами его функционирования, а также их параметрами, которые позволяют осуществлять соединение и обмен данными между двумя или более функциональными элементами системы связи [105].

*Протокол обмена данными с памятью* – формализованный набор правил, задаваемых алгоритмами функционирования памяти, а также их параметрами, которые позволяют осуществлять соединение и обмен данными между памятью и двумя или более функциональными элементами системы.

*Профиль* – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций и регламентов, обеспечивающих стандартизацию определенных функций в какой-либо области деятельности.

*Профиль интероперабельности* – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций и регламентов, обеспечивающих стандартизацию функций информационного взаимодействия конкретных систем определенного класса.

*Процедурные знания* – см. знания процедурные.

*Психическое состояние* – это «целостная характеристика психической деятельности за определенный период времени, показывающая своеобразие протекания психических процессов в зависимости от отражаемых предметов и явлений действительности, предшествующего состояния и свойств личности. Психические состояния человека отражают, с определенной степенью адекватности, реальную жизненную и трудовую ситуацию и отношение субъекта, а также вовлекают в процесс разрешения проблемной жизненной или трудовой ситуации.

*Разборчивость информации* – информационные сообщения легко и четко принимаются по каналам восприятия пользователя.

*Распознаваемость информации* – свойство информации быть точно интерпретируемой пользователем.

*Расхождение данных во времени* – соответствие собираемых данных времени их возникновения;

*Реактивные технические средства (РТС)* – см. средства технические реактивные.

*Реактивный агент* – см. агент технический реактивный.

*Реактивный технический агент (РТА)* – см. агент технический реактивный.

*Регламент* – документ, определяющий порядок какой-либо деятельности. в котором описываются все шаги и действия, которые необходимо выполнить для выполнения определённого организационного (бизнес) процесса.

*Результативность использования* – степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

*Рекомендация* – нормативно-правовой акт или документ, содержащий информацию организационного или методического характера, касающуюся проведения работ по стандартизации или способствующую применению соответствующего стандарта, либо положения, которые предварительно проверяются на практике до их установления в виде стандарта.

*Свод правил* – документ, содержащий правила и общие принципы в отношении информационных процессов в целях обеспечения соблюдения требований технических регламентов.

*Своевременность взаимодействия* – способность подсистемы связи обеспечивать передачу информационных сообщений в заданные сроки.

*Своевременность данных* – предоставление доступа к данным в заданные сроки, когда данные сохраняют свою точность и могут быть использованы для принятия решений пользователями.

*Своевременность доступа к данным* – среднее время, необходимое на получение требуемых данных с момента поступления запроса на доступ к ним.

*Своевременность передачи данных* – время, за которое с требуемой вероятностью обеспечивается передача информационных сообщений (данных) или ведение переговоров.

*Свойство* – та сторона предмета (объекта, процесса), которая обуславливает его различие или общность с другими предметами (объектами, процессами), или обнаруживается в его отношении с ними.

*Семантика* – смысл языкового высказывания или формально-символического выражения.

*Семантическая интероперабельность* – см. интероперабельность семантическая.

*Семантическая совместимость* – см. совместимость семантическая.

*Семантический уровень интероперабельности* – см. уровень интероперабельности семантический.

*Сетевая инфраструктура (сеть)* – совокупность телекоммуникационных систем, систем связи, сетей и каналов связи, обеспечивающих информационное взаимодействие элементов организационно-технической системы.

*Сетецентрическая система управления* – см. система управления сетевая.

*Сеть информационно-телекоммуникационная* – технологическая система, предназначенная для передачи по линиям связи информации, доступ к которой осуществляется с использованием средств вычислительной техники [105].

*Сеть компьютерная* – объединение компьютерных систем путем включения их в сеть связи или соединения их линиями связи [105].

*Сеть электросвязи* – сеть связи, обеспечивающая электросвязь при помощи электромагнитных систем [105].

*Синтаксис* – набор правил построения фраз и сообщений в языке, позволяющий строить, осмысленные предложения в этом языке; правила соединения слов и предложений для выражения мысли.

*Синтаксическая интероперабельность* – см. интероперабельность синтаксическая.

*Синтаксическая совместимость* – см. совместимость синтаксическая.

*Система* – комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей.

*Система автоматизированная* – система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

*Система большая* – в узком (размерностном) смысле: это такая система, которая состоит из большого числа функционально-разнородных, полуавтономных, пространственно-распределенных подсистем и компонент, исследование которых невозможно провести в целом, с полным сохранением детального описания компонент при использовании известных научных методов. Это означает, что основными путями исследования подобных систем являются их декомпозиция, исследование по частям и агрегирование. В широком смысле: это система повышенной сложности (так называемая, суперсложная система или система систем). Для этой системы сложность трактуется в обобщенном смысле и включает в себя как аспекты размерности системы (аналогично понимая большой системы в узком смысле), так и аспекты более явного проявления свойств сложности при объединении нескольких сложных систем (см. определение сложной системы), а также аспект полимодельного представления, когда для исследования такой системы требуется построение разнотипных моделей и применение различных теоретических подходов (в отличие от однотипных семейств моделей теории декомпозиции и агрегирования).



*Система интегрированная* – система, отдельные части которой объединены функционально, структурно, путем информационного обмена, или на основе единой цели функционирования.

*Система интерактивная* – сочетание компонентов аппаратного и программного обеспечения, которое получает информацию, вводимую пользователем, и сообщает ему свой ответ, помогая пользователю в работе или выполнении задачи.

*Система интероперабельная* – система, элементы, компоненты, подсистемы которой обмениваются информацией и используют информацию, полученную в результате такого обмена.

*Система инфокоммуникационная* – информационная система, обеспечивающая предоставление набора как связанных, так и информационных услуг с гибкими возможностями по управлению ими и их персонализации [105].

*Система информационная* – система, предназначенная для формирования, передачи, хранения, поиска, обработки и представления информации, а также соответствующие ресурсы (организационные, технические, финансовые и т.д.), которые обеспечивают данные процессы.

*Система организационная* – это определённая совокупность внутренне взаимосвязанных частей организации, деятельность которых направлена на достижение общих целей, которая характеризуется определенной иерархией подчиненности, структурой и принципами управления, структурой материальных и информационных связей, специализацией и разделением труда составных частей, наличием самобытной внутренней культуры. В контексте данной работы при рассмотрении организационной интероперабельности организационная подсистема организационно-технической системы рассматривается в виде отдельной организационной системы, без учета особенностей реализации технических средств и вопросов семантики информационного взаимодействия.

*Система организационно-техническая* – множество взаимосвязанных технических средств, персонала и пользователей, организованных и функционирующих для достижения одной или нескольких поставленных целей.

*Система открытая* – система, которая непрерывно взаимодействует с внешней средой или другими системами. Взаимодействие может принять форму обмена информацией, энергией или материальных объектов.

*Система связи* – это совокупность распределенных в пространстве взаимосвязанных технических средств и обслуживающего персонала, выполняющих задачи по обеспечению информационного обмена [105].

*Система сложная* – система, состоящая из множества взаимодействующих подсистем, вследствие чего она приобретает новые эмерджентные свойства как единое целое, которые не могут быть сведены к свойствам взаимодействия отдельных подсистем. Помимо эмерджентных свойств, дополнительно к признакам сложной системы относят: а) отсутствие строго формализованного

описания системы или алгоритма ее функционирования; б) трудность в наблюдаемости и управляемости такой системы, обусловленная большим числом второстепенных (по отношению к цели управления) процессов; в) наличие множества целей функционирования (управления); г) нестационарность системы, выражающаяся в изменении характеристик и параметров, а также структурная или функциональная эволюция системы во времени; д) невозпроизводимость экспериментальных исследований с системой.

*Система телекоммуникационная* – это совокупность связанных линиями связи сетевых узлов, которая основана на единой транспортной технологии и эксплуатируется в соответствии с едиными принципами маршрутизации, адресации и управления, при этом в ее составе имеются граничные узлы, ответственные за допуск трафика в сеть или направление его в другие смежные телекоммуникационные системы [105].

*Система техническая* – комбинация взаимодействующих устройств, механизмов, технических подсистем и средств, предназначенных для достижения одной или нескольких поставленных целей.

*Система управления* – систематизированный набор сил и средств наблюдения за управляемым объектом, а также сил и средств воздействия на его поведение, в интересах достижения определенных целей.

*Система управления сетевая* – распределённая система управления, в которой ее основные элементы, такие как силы и средства наблюдения, органы управления, управляемые силы и средства, объединены на основе единого информационного пространства и беспрепятственно обмениваются информацией.

*Скорость записи данных в память* – Среднее количество данных фиксированного объема, которые могут быть записаны в память в единицу времени.

*Скорость передачи данных* – количество информационных сообщений (данных) фиксированного объема передаваемых в единицу времени.

*Скорость чтения данных из памяти* – среднее количество данных фиксированного объема, которые могут быть считаны из памяти в единицу времени.

*Скрытность управления* – способность системы управления сохранять в тайне информацию о процессах управления, конечной цели и решаемых задачах, имеющихся силах и средствах, а также их возможностях; факт, время и место передачи управляющей информации, ее содержание и принадлежность к конкретным объектам системы управления.

*Сложная система* – см. система сложная.

*Смысл* – сущность, внутренне содержание, значение чего-либо в широком контексте реальности с учетом: знаний о нем; возможностей и контекста использования или употребления; роли и места среди других объектов; интерпре-

тации, обусловленной особенностями восприятия конкретной личности или общества.

*Совместимость* – способность объекта взаимодействовать и функционировать с другими объектами без каких-либо ограничений [62].

*Совместимость автоматизированных систем* – комплексное свойство двух или более автоматизированных систем, характеризующее их способность взаимодействовать при функционировании. Совместимость автоматизированных систем включает техническую, программную, информационную, организационную, лингвистическую и, при необходимости, метрологическую совместимости.

*Совместимость аппаратная* – способность аппаратных и технических средств одной системы (платформы) функционировать и взаимодействовать с аналогичными средствами другой системы (платформы) [122].

*Совместимость данных* – способность различных систем адекватно воспринимать и единообразно интерпретировать одинаково представленные данные.

*Совместимость информационная автоматизированных систем* – частная совместимость автоматизированных систем, характеризующаяся возможностью использования в них одних и тех же данных в согласованных видах и формах представления и обмена данными между ними.

*Совместимость лингвистическая* – совместимость закономерностей структуры и функционирования различных языков, позволяющая производить преобразования сообщений одного языка в сообщения на другом языке без потери смысла.

*Совместимость лингвистическая автоматизированных систем* – частная совместимость автоматизированных систем, характеризующаяся возможностью использования одних и тех же языковых средств общения пользователей и персонала с комплексом средств автоматизации этих автоматизированных систем.

*Совместимость метрологическая автоматизированных систем* – частная совместимость автоматизированных систем, характеризующаяся тем, что точность результатов измерений, полученных в одной автоматизированной системе, позволяет использовать их в другой.

*Совместимость организационная автоматизированных систем* – частная совместимость автоматизированных систем, характеризующаяся согласованностью правил действия их персонала, регламентирующих взаимодействие этих автоматизированных систем.

*Совместимость понятий и знаний предметной области* – это наличие одинаковых или эквивалентных определений понятий в предметных областях моделей знаний взаимодействующих систем.

*Совместимость программная* – способность программных средств одной системы (платформы) взаимодействовать и обмениваться данными с программными средствами другой системы (платформы) [122].

*Совместимость программная автоматизированных систем* – частная совместимость автоматизированных систем, характеризуемая возможностью работы программ одной системы в другой и обмена программами, необходимыми при взаимодействии автоматизированных систем.

*Совместимость семантическая* – способность двух или более объектов адекватно воспринимать и единообразно интерпретировать смысл одинаково представленных данных. В отличие от семантической интероперабельности, понятие семантической совместимости относится, прежде всего, к данным, т.е. к знаково-символьной форме представления информации и применимо, в основном, к взаимодействию технических систем. В то время как семантическая интероперабельность охватывает более широкий сектор отправителей и получателей информации (ими могут выступать как люди-пользователи, так и технические системы), охватывает все факторы, влияющие на интерпретацию поступающей информации (в том числе с учетом психического состояния взаимодействующих людей), относится ко всем формам представления информации (включая невербальную форму передачи информации между людьми, а также наличие скрытого смысла). Таким образом понятие «семантическая совместимость» относится к понятию «семантическая интероперабельность» как частное к общему.

*Совместимость сетевых интерфейсов* – способность интерфейсов обеспечивать взаимодействие между двумя или более функциональными элементами сети (системы связи / телекоммуникационной системы) с требуемым качеством обслуживания.

*Совместимость синтаксическая* – совместимость правил построения сообщений в языке, позволяющий строить, осмысленные предложения и сообщения в этом языке (здесь имеется ввиду не только естественный язык, но и формальные языки представления данных и языки программирования).

*Совместимость техническая автоматизированных систем* – частная совместимость автоматизированных систем, характеризуемая возможностью взаимодействия технических средств этих систем.

*Совместимость функциональная* – способность систем обеспечить совместную работу между собой или с другими системами по обмену информацией без дополнительных сопрягающих устройств.

*Совместимость электромагнитная* – способность технических средств одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам.

*Совместность* – некая общность между двумя или более объектами; функциональная связь между объектами, когда они содействуют друг другу в достижении индивидуальных или общих целей.

*Согласованность данных* – в данных отсутствуют внутренние противоречия, идентичные данные из различных источников совпадают.

*Сообщение* – конечный набор данных, содержащий информацию о каком-либо отдельном факте, явлении или событии, который является базовой семантически-неделимой частью процесса передачи информации.

*Спецификация* – нормативно-правовой акт или документ, обеспечивающий точное описание системы для целей её разработки, а также условия приёмы и процедуры проверки требований.

*Способ* – систематизированная совокупность шагов, действий, которые нацелены на решение определенной задачи или достижение определенной цели.

*Способ обеспечения интероперабельности* – систематизированная совокупность шагов, действий, которые направлены на обеспечение интероперабельности.

*Способности* – это индивидуально-психологические особенности личности, обеспечивающие успех в деятельности, в общении и легкость овладения ими. Успешность в деятельности и общении определяется не одной, а системой различных способностей, при этом они могут взаимно компенсироваться.

*Средства технические интеллектуальные* – подсистемы, комплексы или средства, в которых реализована собственная модель знаний и система интеллектуальных функций, в том числе функций взаимодействия, выполнение которых традиционно считаются прерогативой человека, а именно: осознание новых ситуаций; обучение и запоминание на основе предыдущего опыта; понимание и применение абстрактных концепций; познание и формирование знаний; использование знаний для решения проблем и управления окружающей средой.

*Средства технические реактивные* – технические подсистемы, комплексы или средства, построенные по принципу «входная информация – реакция». В таких средствах отсутствует собственная модель знаний, а взаимодействие с таким типом средств формируется на основе некоторого набора типовых выходных реакций, которые зависят от входных данных и состояния. Как правило, реактивные технические средства реализуются в виде механической или автоматной системы, выполняющей простейшие неинтеллектуальные функции в ОТС.

*Средство техническое* – часть некоторой системы, предназначенная для выполнения определенной функции, построенная на основе принципов механики, автоматики, электроники, программной инженерии или робототехники.

*Стандарт* – нормативно-правовой акт или нормативно-технический документ, устанавливающий нормы, правила, требования к объекту стандартизации. При этом под объектом стандартизации может пониматься: продукция (работы, услуги), процессы, системы менеджмента, терминология, условные обозначения, исследования (испытания) и измерения (включая отбор образцов) и методы испытаний, маркировка, процедуры оценки соответствия и иные объекты.

*Степень интероперабельности* – интегральный показатель, качественно или количественно оценивающий интероперабельность.

*Структура управления организации* – форма разделения и кооперации управленческой деятельности, в рамках которой осуществляется процесс управления отдельными элементами по соответствующим функциям, направленным на решение поставленных задач и достижение намеченных целей, причем для элементов распределяются функциональные обязанности, права и ответственность, определяются порядок и форма их взаимодействия, а само взаимодействие сводится к обмену информацией: командно-распорядительной, информирующей и донесениями о выполнении тех или иных команд.

*Телекоммуникационная система (ТКС)* – см. система телекоммуникационная.

*Темперамент* – это совокупность устойчивых динамических особенностей психических процессов человека: темпа, ритма, интенсивности. Темперамент определяет скорость течения психических процессов, устойчивость эмоциональной сферы, степень волевого усилия.

*Техническая интероперабельность* – см. интероперабельность техническая.

*Техническая подсистема организационно-технической системы* – совокупность технических подсистем, комплексов или средств, построенных на основе принципов механики, автоматики, электроники, радиотехники, программной инженерии или робототехники, выполняющих автоматические и автоматизированные функции по реализации информационных процессов или процессов управления в системе.

*Техническая система* – см. система техническая.

*Техническая совместимость автоматизированных систем* – см. совместимость техническая автоматизированных систем.

*Технические условия* – документ, устанавливающий требования к конкретным типам, маркам, изделиям продукции.

*Технический агент (ТА)* – см. агент технический.

*Технический регламент* – документ, устанавливающий обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования. При этом под объектом технического регулирования может пониматься: продукция (технические средства и системы, сооружения, работы, услуги), процес-

сы (производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации), исследования (испытания) и измерения (включая отбор образцов) и методы испытаний, процедуры оценки соответствия и иные объекты.

*Технический уровень интероперабельности* – см. уровень интероперабельности технический.

*Техническое средство (ТС)* – см. средство техническое.

*Точность данных* – степень искажения данных находится в допустимых пределах, а значения числовых параметров в пределах допустимой погрешности;

*Точность информации* – степень неопределенности информации находится в допустимых пределах, а значения количественных или качественных параметров в пределах допустимой погрешности.

*Трафик* – нагрузка, создаваемая потоком вызовов, сообщений, пакетов и сигналов, поступающих на средства связи.

*Уникальность данных* – в данных отсутствуют дубликаты;

*Уровень готовности (зрелости)* – показатель, характеризующий соответствие рассматриваемого объекта, либо определенного этапа его жизненного цикла (от замысла до серийного выпуска), либо качественной степени его развития (от неразвитого до развитого в максимальной степени). Оценка достижения того или иного уровня готовности (зрелости) осуществляется с применением шкал, так называемых уровней готовности (зрелости).

*Уровень интероперабельности* – степень абстракции, детализации и спецификации описания процесса обмена информацией и использования информации, полученной в результате такого обмена.

*Уровень интероперабельности организационный* – уровень интероперабельности, на котором формализуются совместимость или совместность целей организаций, их бизнес-процессов, а также единство или эквивалентность нормативно-правовой базы, регламентирующей процессы информационного взаимодействия.

*Уровень интероперабельности семантический* – уровень интероперабельности, на котором формализуются стандарты, нормы и правила единообразной и правильной интерпретации смысла информации.

*Уровень интероперабельности технический* – уровень интероперабельности, на котором формализуются процессы информационного взаимодействия между техническими системами, техническими средствами, аппаратными и программными комплексами с учетом особенностей реализации их интерфейсов и протоколов обмена информацией, а также форм и форматов представления информации.

*Услуга информационная* – процесс удовлетворения информационных потребностей пользователя или информационной системы путем предоставления им требуемой информации.

*Устойчивость управления* – способность органов управления выполнять свои функции в сложной, резко меняющейся обстановке в условиях помех и воздействия дестабилизирующих факторов;

*Учётность действий пользователя* – свойство информации, обеспечивающее однозначное отслеживание действий любого пользователя (субъекта) при доступе к информации и ее обработке.

*Файл* – совокупность данных определённого размера, размещённая на внешних устройствах хранения, рассматриваемая в процессе обработки как единое целое.

*Файловый сервер* – это выделенный сервер в компьютерной сети, предназначенный для выполнения файловых операций ввода-вывода и хранения файлов любого типа.

*Форма представления информации* – представление информации в одном или в комбинации следующих видов: в знаково-символьном виде (в форме текстовых сообщений или пиктографических рисунков), в виде звуковых сигналов или речевых сообщений, воспринимаемых на слух, в виде положения или движения предмета в пространстве, его форме, размере, качестве поверхности и материала его сопротивляемости приложению усилия.

*Формат данных* – порядок расположения и форма представления данных в виде отдельных блоков, содержащих помимо непосредственно самих данных, еще и служебную информацию, облегчающую и упорядочивающую формирование, сбор, хранение, передачу, обработку или визуализацию данных.

*Формат потока данных* – стандартизованная структура и способ организации данных в непрерывном потоке.

*Формат файла* – стандартизованная структура и способ организации данных для хранения их в файле.

*Функциональная совместимость* – см. совместимость функциональная.

*Характер* – это совокупность устойчивых индивидуально-психологических свойств, проявляющихся в жизнедеятельности, поведении человека в виде его отношения к окружающим людям, к самому себе, к делу, другим различным обстоятельствам бытия. Характер формируется, как правило, постепенно в процессе познания и практической деятельности.

*Характеристика* – описание отличительных качественных свойств чего-либо или кого-либо. Характеристика может быть качественной или количественной.



*Цели организации* – результаты, которых стремится достичь организация, и на достижение которых направлена ее деятельность, например, получение прибыли.

*Целостность данных* – данные не были изменены при выполнении какой-либо операции (изменение, сбор, преобразование и т.д.);

*Целостность информации* – состояние информации, при котором обеспечивается ее достоверность и полнота.

*Цель* – идеальное, мысленное предвосхищение результата деятельности, зависящее от объективных законов действительности, реальных возможностей субъекта и применяемых им средств для ее достижения.

*Ценность информации* – способность информации уменьшать неопределённость знания о целевом объекте или явлении

*Человек-агент* – агент, представляющей собой человека-оператора, лицо, принимающее решение, или пользователя.

*Человеко-машинное взаимодействие* – см. взаимодействие человеко-машинное.

*Человеко-машинный интерфейс* – см. интерфейс человеко-машинный.

*Четкость информации* – быстрота и точность передачи содержания информации.

*Чувство* – это переживаемое в различной форме отношение человека к предметам и явлениям действительности. Это более сложное, чем эмоции, постоянное, устоявшееся отношение личности к тому, что она познает и делает, к объекту своих потребностей. Чувство характеризуется устойчивостью и длительностью. Чувства обычно классифицируются по содержанию. Принято выделять следующие виды чувств: моральные, интеллектуальные и эстетические.

*Шаблон* – эффективный способ решения или действия при решении какой-либо типовой задачи.

*Эмоции* – это субъективные реакции человека на воздействия внешних и внутренних раздражителей, отражающие в форме переживаний их личную значимость для субъекта и проявляющиеся в виде удовольствия или неудовольствия.

*Эргономика* – наука, рассматривающая вопросы взаимодействия человека с другими элементами системы. Теория, принципы, данные и методы эргономики применяются в процессе проектирования организационно- и человеко-технических систем для обеспечения сохранности здоровья человека и оптимизации общей производительности системы.

*Эргономичность* – свойство оборудования, учитывающее взаимодействие «человек – машина», позволяющее снизить вероятность ошибки пользователя, повысить производительность и комфортность его работы.

*Эффективность* – это комплексное операционное свойство целенаправленного процесса функционирования системы, характеризующее его приспособленность к достижению цели операции или к выполнению задачи системы. Эффективность характеризуется степенью соответствия результатов операции её цели. Понятие «эффективности» применимо только к целенаправленным процессам.

*Явная информация* – см. информация явная.

*Явное знание* – см. знание явное.

*Язык* – это система знаков, звуков и символов, посредством которой осуществляется человеческое общение на различных уровнях коммуникации и трансляции, включая операции мышления, приобретение, хранение, преобразование и передачу сообщений, сигналов, информации, знаний и связанные процессы.

## Литература

1. Гуляев Ю. В., Олейников А. Я., Филинов Е. Н. Развитие и применение открытых систем в Российской Федерации // Информационные технологии и вычислительные системы. 1995. № 1 С. 32-43.
2. Гуляев Ю. В., Олейников А. Я. Технология открытых систем - основное направление информационных технологий // Информационные технологии и вычислительные системы. 1997. № 3. С. 4-14.
3. Батоврин В. К., Васютович В. В., Гуляев Ю. В., Козлов В. А. Технология открытых систем / Под ред. А.Я. Олейникова. – М.: Янус-К, 2004. – 288 с.
4. Гончаров Н. Г., Гулиев Я. И. О., Гуляев Ю. В., Кавинская Ю. М., Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Хаткевич М. И. Вопросы создания единого информационного пространства в системе здравоохранения РАН // Информационные технологии и вычислительные системы. 2006. № 4. С. 83-95.
5. Анциперов В. Е., Каменщиков А. А., Кочуков А., Никитов Д. С., Олейников А. Я. Функциональная стандартизация при создании медицинских информационных систем // Врач и информационные технологии. 2006. № 4. С. 15-18.
6. Олейников А. Я., Разинкин Е. И. Профиль интероперабельности в области электронной коммерции // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. № 4. С. 74-79.
7. Олейников А. Я., Меркулова А. В. К вопросу о построении интегрированной корпоративной информационной среды вуза // Журнал радиоэлектроники. 2005. № 5. С. 4. – URL: <http://jre.cplire.ru/iso/nov05/2/text.html> (дата доступа: 03.03.2023).
8. Батоврин В. К., Васютович В. В., Журавлев Е. Е., Олейников А. Я., Петров А. Б., Соколов С. А., Теряев Е. Д. Построение профиля информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов для обеспечения фундаментальных исследований // Журнал радиоэлектроники. 2001. № 11. С. 8. – URL: <http://jre.cplire.ru/koi/dec01/8/text.html> (дата доступа: 03.03.2023).
9. Журавлев Е. Е., Иванов С.В., Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Разинкин Е. И., Рубан К. А. Интероперабельность в облачных вычислениях // Журнал радиоэлектроники. 2013. № 9. С. 14.
10. Олейников А. Я., Егоров Г. А., Журавлев Е. Е., Королев А. С., Кочуков А. Н., Широбокова Т. Д. Применение технологии открытых систем для создания интегрированных информационных систем промышленных предприятий // Радиопромышленность. 2006. № 2. С. 90-107.
11. Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я. О подходах к разработке профилей интероперабельности в военной области // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 4. С. 112-121.

12. Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Чусов И. И., Широбокова Т. Д. Проблема интероперабельности в информационных системах военного назначения // Журнал радиоэлектроники. 2016. № 11. С. 16.
13. Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я. Обеспечение интероперабельности как средства бесшовной интеграции функциональных подсистем в составе перспективных автоматизированных систем военного назначения // Журнал радиоэлектроники. 2018. № 9. С. 18.
14. Быстров Р. П., Корниенко В. Н., Олейников А. Я. Интероперабельность, информационное противоборство и радиоэлектронная борьба // Успехи современной радиоэлектроники. 2018. № 5. С. 15-34.
15. ГОСТ Р 55062-2012. Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
16. Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Широбокова Т. Д. Исследование особенностей проблемы интероперабельности в крупномасштабных информационных системах // Информационные технологии и вычислительные системы. 2018. № 3. С. 16-28.
17. Башлыкова А. А., Зацаринный А. А., Каменщиков А. А., Козлов С. В., Олейников А. Я., Чусов И. И. Интероперабельность как научно-методическая и нормативная основа бесшовной интеграции информационно-телекоммуникационных систем // Системы и средства информатики. 2018. Т. 28. № 4. С. 61-72.
18. Макаренко С. И., Олейников А. Я., Черницкая Т. Е. Модели интероперабельности информационных систем // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 4. С. 215-245. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10408
19. Козлов С. В., Макаренко С. И., Олейников А. Я., Растягаев Д. В., Черницкая Т. Е. Проблема интероперабельности в сетевых системах управления // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 12. С. 16. DOI: 10.30898/1684-1719.2019.12.4
20. Черницкая Т. Е., Макаренко С. И., Растягаев Д. В. Аспекты информационной безопасности в рамках оценки интероперабельности сетевых систем // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 4. С. 113-121. DOI: 10.25586/RNU.V9187.20.04.P.113
21. Черницкая Т. Е., Макаренко С. И., Растягаев Д. В. Аспекты автоматизации функций управления, принятия решений и сетевого взаимодействия в рамках оценки интероперабельности сетевых систем // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 3. С. 138-145. DOI: 10.25586/RNU.V9187.20.03.P.138
22. Башлыкова А. А., Козлов С. В., Макаренко С. И., Олейников А. Я., Фомин И. А. Подход к обеспечению интероперабельности в сетевых системах управления // Журнал радиоэлектроники. 2020. № 6. С. 15. DOI: 10.30898/1684-1719.2020.6.13

23. Макаренко С. И., Черницкая Т. Е. Аспекты совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания в рамках оценки интероперабельности сетевых систем // Журнал радиоэлектроники. 2020. № 10. С. 7. DOI: 10.30898/1684-1719.2020.10.4

24. Макаренко С. И., Карутин А. Н. Перспективы и проблемные вопросы обеспечения интероперабельности интегрированных космических систем // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 4. С. 228-247. DOI: 10.24412/2410-9916-2021-4-228-247

25. Макаренко С. И., Соловьева О. С. Основные положения концепции семантической интероперабельности сетевых систем // Журнал радиоэлектроники. 2021. № 4. DOI: 10.30898/1684-1719.2021.4.10

26. Макаренко С. И., Соловьева О. С. Семантическая интероперабельность взаимодействия элементов в сетевых системах // Журнал радиоэлектроники. 2021. № 6. DOI: 10.30898/1684-1719.2021.6.3

27. Макаренко С. И. О некоторых параметрах поиска и обработки информации при обеспечении технической интероперабельности сетевых систем // Журнал радиоэлектроники. 2021. № 3. DOI: 10.30898/1684-1719.2021.3.5

28. Gulyaev Y. V., Oleinikov A. Ya., Makarenko S. I. Russian approach to interoperability formalization of network-centric systems // Proceedings of 2021 IV International Conference on Control in Technical Systems (CTS). – IEEE, 2021. – С. 72-75.

29. Макаренко С. И. Семантическая совместимость человеческих агентов при обеспечении интероперабельности в сетевых системах // Журнал радиоэлектроники. 2022. № 1. DOI: 10.30898/1684-1719.2022.1.1

30. Макаренко С. И. Семантическая интероперабельность человеко-машинных интерфейсов в сетевых системах // Журнал радиоэлектроники. 2022. № 2. DOI: 10.30898/1684-1719.2022.2.4

31. Макаренко С. И. Техническая интероперабельность и эргономика человеко-машинных интерфейсов сетевых систем // Журнал радиоэлектроники. 2022. № 3. DOI: 10.30898/1684-1719.2022.3.4

32. Макаренко С. И. Интероперабельность человеко-машинных интерфейсов. Монография. – СПб.: Научно-технологические исследования, 2023. – 185 с.

33. Макаренко С. И. Совместимость и переносимость данных при обеспечении технической интероперабельности сетевых систем // Журнал радиоэлектроники. 2022. № 7. DOI: 10.30898/1684-1719.2022.7.1

34. Макаренко С. И., Нестеров А. А. Структурно-функциональная модель интероперабельности организационно-технических систем // Труды учебных заведений связи. 2023. Т. 9. № 4. С. 65–74. DOI: 10.31854/1813-324X-2023-9-4-65-74

35. Нестеров А. А. Актуальные вопросы интероперабельности организационно-технических систем // Актуальные вопросы развития систем и сетей связи. Сборник материалов Всероссийской научно-технической

конференции. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2023. – С. 125-127.

36. Башлыкова А. А., Растягаев Д. В. Интероперабельность репозитория версий инструментального программного обеспечения вычислительных комплексов // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2021. № 1. С. 136-142.

37. Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Широбокова Т. Д. Подход к обеспечению интероперабельности в высокопроизводительной среде на примере E-science // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 11. С. 17.

38. Башлыкова А. А., Гаджикулиев Т. А., Олейников А. Я. Решение проблемы интероперабельности в проектах "умного города" // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15. № 3. С. 767-774.

39. Зацаринный А. А., Козлов С. В. Процессные аспекты нормативного регулирования работ по комплексному обеспечению информационной безопасности и интероперабельности интегрированных систем управления // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XXI международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 1167-1176.

40. Козлов С. В. Методология развития и применения процессного подхода к созданию интегрированных систем управления // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XX международной научно-методической конференции / Под редакцией А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 1441-1451.

41. Козлов С. В., Кубанков А. Н. Процессные основы интеграции и комплексного развития информационных, управляющих, роботизированных, телекоммуникационных систем // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2020. Т. 12. № 1. С. 23-31

42. Козлов С. В. Научно-методические проблемы обеспечения интероперабельности сетевых систем на основе комплексного применения методов процессного и проектного управления // ИТ-Стандарт. 2020. № 1 (22). С. 17-24.

43. Кубанков А. Н., Козлов С. В. Проблемы обеспечения интероперабельности интегрированной системы управления на основе комплексной синхронизации процессов в ее жизненном цикле // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2020. Т. 11. № 3. С. 4-11.

44. Козлов С. В. Процессные аспекты интероперабельности интегрированных систем управления // ИТ-Стандарт. 2019. № 1 (18). С. 25-30.

45. Башлыкова А. А., Зацаринный А. А., Каменщиков А. А., Козлов С. В., Олейников А. Я., Чусов И. И. Интероперабельность как научно-методическая и нормативная основа бесшовной интеграции информационно-телекоммуникационных систем // Системы и средства информатики. 2018. Т. 28. № 4. С. 61-72.

46. Зацаринный А. А., Козлов С. В., Шабанов А. П. Интероперабельность консолидируемых организационных систем // Проблемы управления. 2017. № 6. С. 43-49.

47. Bashlykova A. A., Oleinikov A. Y. A solution to the problem of interoperability for aviation unmanned aerial vehicles in the Russian Federation // Proceedings - 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2021. 2021. vol. 3. С. 849-852.

48. Олейников А. Я. Обеспечение интероперабельности авиационных беспилотных летательных аппаратов // Информационные технологии и вычислительные системы. 2021. № 4. С. 3-11.

49. Белов С. Г., Олейников А. Я., Якименко Е. Е. Вопросы обеспечения интероперабельности в группировках авиационных беспилотных летательных аппаратов в РФ // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 4. С. 3-16.

50. Фомин И. А., Олейников А. Я. Численная оценка качества данных при взаимодействии разнородных информационных систем в интересах обеспечения их интероперабельности // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «АСУ, информационно-телекоммуникационные системы»: сборник статей II всероссийской научно-технической конференции. – Анапа: Военный инновационный технополис "ЭРА", 2020. – С. 196-205.

51. Олейников А. Я. Актуальное состояние проблемы интероперабельности // ИТ-Стандарт. 2020. № 2 (23). С. 37-42.

52. Башлыкова А. А., Олейников А. Я., Осиньска К. Х. Актуальные проблемы интероперабельности // ИТ-Стандарт. 2020. № 4 (25). С. 4-14.

53. Олейников А. Я., Растягаев Д. В., Фомин И. А. Основные положения концепции обеспечения интероперабельности сетевых информационно-управляющих систем // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 3. С. 122-131.

54. Олейников А. Я., Каменщиков А. А. Роль интероперабельности в цифровой экономике и обороноспособности страны // ИТ-Стандарт. 2017. № 4 (13). С. 31-35.

55. ГОСТ Р 70569-2022. Информационные технологии. Сетевые информационно-управляющие системы. Интероперабельность. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/43546359-ab2b-4ea9-b8ce-595fde17a45a> (дата доступа: 05.07.2023).

56. Маслобоев А. В. Средства поддержки интероперабельности сетевых систем управления региональной безопасностью // Надежность и качество сложных систем. 2020. № 1 (29). С. 91-105.

57. Маслобоев А. В., Путилов В. А. Роль ситуационных центров в управлении региональной безопасностью в условиях цифровой экономики // Труды Кольского научного центра РАН. 2020. Т. 11. № 8 (11). С. 144-149.

58. Зацаринный А. А., Козлов С. В., Шабанов А. П. Об информационной поддержке деятельности в системах управления критическими технологиями на

основе ситуационных центров // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 4. С. 98-113.

59. Зацаринный А. А., Сучков А. П., Козлов С. В. Особенности проектирования и функционирования ситуационных центров // Системы высокой доступности. 2012. Т. 8. № 1. С. 12-22.

60. Зацаринный А. А., Шабанов А. П. Инновационные системотехнические решения по построению ситуационных центров регионального уровня // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы и ситуационные центры: материалы V международной научно-практической конференции. – Казань: Центр инновационных технологий, 2018. – С. 32-37.

61. Олейников А., Макаренко С., Козлов С. Интероперабельность - ключевая технология повышения эффективности систем вооружения, управления и связи // Радиоэлектронные технологии. 2022. № 1. С. 66-73.

62. Макаренко С. И. Справочник научных терминов и обозначений. – СПб.: Научное издание, 2019. – 254 с.

63. Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises (SCOPE) Model for Interoperability Assessment. Version 1.0. – NCOIC, 2008. – 154 p.

64. NCOIC Interoperability Framework (NIF v. 2.1) and NIF Solution Description Reference Manual (NSD-RM v. 1.2). – NCOIC, 2008. – 125 p.

65. ISO/IEC/IEEE 24765:2017. Systems and software engineering. Vocabulary. – ISO, 2017. – 522 p.

66. Каррыев Б. Интернет: цифровая революция эры мгновенной коммуникации. Мегасила, история и влияние на общество. – М.: Litres, 2018. – 490 с.

67. Диков А. В. Эволюция интернета от начала до наших дней и далее // Школьные технологии. 2019. № 2. С. 3-8.

68. Макаренко С. И., Иванов М. С. Сетевая война - принципы, технологии, примеры и перспективы. Монография. – СПб.: Научное издание, 2018. – 898 с.

69. CJCSI 3170.01E. Joint Capabilities Integration Development System. – DoD US, 2005. – URL: <https://segoldmine.ppi-int.com/node/67522> (дата доступа 23.03.2022).

70. Молитвин Л. О реализации концепции единого информационного пространства НАТО // Зарубежное военное обозрение. 2008. № 1. С. 23-27.

71. NATO Interoperability Standards and Profiles. Volume 1: Introduction. – C3B Interoperability Profiles Capability Team, 2018. – 48 p.

72. NATO Interoperability Standards and Profiles. Volume 2: Agreed Interoperability Standards and Profiles. – C3B Interoperability Profiles Capability Team, 2018. – 90 p.

73. NATO Interoperability Standards and Profiles. Volume 3: Candidate Interoperability Standards and Profiles. – C3B Interoperability Profiles Capability Team, 2018. – 18 p.



74. DOD Architecture Framework. Version 1.5. – Washington, D.C.: Department of Defense, 2006. – URL: [http://www.defenselink.mil/cio-nii/docs/DoDAF\\_Volume\\_I.pdf](http://www.defenselink.mil/cio-nii/docs/DoDAF_Volume_I.pdf) (дата доступа 21.10.2018).

75. Ministry of Defense Architecture Framework. – Washington, D.C.: Department of Defense. – URL: <http://www.modaf.com> (дата доступа 21.10.2018).

76. The Open Group Architecture Framework. – URL: <http://www.opengroup.org/architecture/togaf8-doc/arch/> (дата доступа 21.10.2018).

77. Levels of Information Systems Interoperability (LISI). – Washington, D.C.: Department of Defense, C4ISR Interoperability Working Group, 1998.

78. NATO Industrial Advisory Group. – URL: [https://diweb.hq.nato.int/niag/Pages\\_Anonymous/Default.aspx](https://diweb.hq.nato.int/niag/Pages_Anonymous/Default.aspx) (дата доступа 21.10.2018).

79. NATO Interoperability Standards and Profiles (NISP). 2021. – URL: <https://www.ncoic.org/minimum-level-of-interoperability/> (дата доступа 23.03.2022).

80. Network Centric Operations Industry Consortium. – URL: <https://www.ncoic.org> (дата доступа 23.03.2022).

81. Minimum Level of Interoperability (MLI). – URL: <https://www.ncoic.org/minimum-level-of-interoperability> (дата доступа 23.03.2022).

82. New European Interoperability Framework. Promoting seamless services and data flows for European public administrations. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. – 48 p. – URL: [https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/eif\\_brochure\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/eif_brochure_final.pdf) (дата доступа 23.03.2022).

83. ГОСТ Р ИСО 11354-1-2012. Усовершенствованные автоматизированные технологии и их применение. Требования к установлению интероперабельности процессов промышленных предприятий. Часть 1. Основа интероперабельности предприятий. – М.: Стандартинформ, 2014. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102044> (дата доступа 09.03.2023).

84. ISO 11354-1:2011. Advanced automation technologies and their applications – Requirements for establishing manufacturing enterprise process interoperability – Part 1: Framework for enterprise interoperability. – ISO, 2011. – 34 p. – URL: <https://www.iso.org/standard/50417.html> (дата доступа 09.03.2023).

85. ГОСТ Р 59797-2021. Информационные технологии. Сложные системы. Интероперабельность. Основные положения. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 11 с.

86. Захаров А. В., Соловьянюк Л. Г., Старцева О. Г., Рамазанова Р. Р. Оценка интероперабельности организационных сервисов электронной среды сетевого обучения // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 10. С. 69-75.

87. Folmer E., Vehosel J. State of the Art on Semantic IS Standardization Interoperability & Quality. – Twente: TNO, University of Twente, СТИТ, NOiV., 2011. – 164 с. – URL: [http://doc.utwente.nl/76291/1/Folmer-SOTA\\_web.pdf](http://doc.utwente.nl/76291/1/Folmer-SOTA_web.pdf) (дата обращения: 01.01.2023)

88. European Interoperability Reference Architecture (EIRA) // Interoperability Solutions for European Public Administrations. – URL: <https://joinup.ec.europa.eu/asset/eia/description> (дата обращения: 01.01.2023).
89. Joint Operations Concepts (JOpsC) // AcqNotes: Program Management Tool for Aerospace, 2017. – URL: <https://acqnotes.com/acqnote/acquisitions/joint-operations-concepts-jopsc> (дата доступа 09.03.2023).
90. Додонов А. Г., Ландэ Д. В. Живучесть информационных систем. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
91. Joint Pub 1-02. Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and education, Personnel, and Facilities (DOTMLPF). 2015. – URL: [http://www.dtic.mil/doctrine/jel/new\\_pubs/jp1\\_02.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/jel/new_pubs/jp1_02.pdf) (дата доступа 09.03.2023).
92. CJCSI 3170.01E. Joint Capabilities Integration Development System. – DoD US, 2005. – URL: <https://segoldmine.ppi-int.com/node/67522> (дата доступа 23.03.2022).
93. Political, Military, Economic, Social, Infrastructure, and Information (PMESII). 2006. – URL: <https://www.wikicorps.org/wiki/PMESII> (дата доступа 05.01.2023).
94. Загородников А. Н. Управление общественными связями в бизнесе. Учебник. – М.: КноРус, 2015. – 288 с.
95. Арутюнова Д. В. Стратегический менеджмент. Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 122 с.
96. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации. Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2004. – 512 с.
97. Мильнер Б. З. Теория организации. Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 648 с.
98. ГОСТ Р ИСО 11354-2 – 2016. Усовершенствованные автоматизированные технологии и их применение. Требования к установлению интероперабельности процессов промышленных предприятий. Часть 2. Модель зрелости для оценки интероперабельности предприятий. – М.: Стандартинформ, 2014. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142687> (дата доступа 09.03.2023).
99. Тарасов Б. В., Ионов С. В., Глумова А. А. Семантическая интероперабельность разнородной информации // Информатизация и связь. 2020. № 6. С. 79-82.
100. Акаткин Ю. М., Ясиновская Е. Д. Цифровая трансформация государственного управления: Датацентричность и семантическая интероперабельность / Под ред. В.А. Конявского. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 724 с. <https://urss.ru/elib/249005/#> (дата доступа: 21.10.2019).
101. Павлыгин Э. Д., Корсунский А. С., Куприянов А. А., Мельниченко А. С. FCSM-подход к оценке интероперабельности интегрированной системы боевого управления корабля // Автоматизация процессов управления. 2015. № 4 (42). С. 4-14.
102. Кашевник А. М. Подход к обеспечению семантической интероперабельности мобильных роботов при формировании коалиций // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 1. С. 90-100.

103. Розенберг И. Н., Дулин С. К., Дулина Н. Г. Моделирование структуры интероперабельности средствами структурной согласованности // Информатика и ее применение. 2023. Т. 17. № 1. С. 57-65.
104. Макаренко С. И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: СФ МГГУ им. М. А. Шолохова, 2009. – 206 с.
105. Макаренко С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки. Монография. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2020. – 337 с.
106. Орлова Л. А. Конспект лекций по психологии общения // ИнфоУрок [Электронный ресурс]. 2021. – URL: <https://infourok.ru/konspekt-lekcij-po-psihologii-obsheniya-individualno-psihologicheskie-osobennosti-lichnosti-emocionalno-volevaya-sfera-lichnosti-4370048.html> (дата доступа: 02.04.2022).
107. Левитов Н. Д. О психических состояниях человека. – М.: Просвещение, 1964.
108. Карпова В. А. Влияние типов темперамента на конфликты в семье // Студенческий научный форум. 2013. – URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2013/7806.pdf> (дата доступа: 02.04.2022).
109. Дикая Л. Г., Щедров В. И. Метод определения индивидуального стиля саморегуляции психического состояния человека // Проблемность профессиональной деятельности: теория и методы психического анализа. – М.: Институт психологии РАН, 1999. – С. 106-131.
110. Дружилов С. А. Профессиональное здоровье трудящихся и психологические аспекты профессиональной адаптации // Успехи современного естествознания. 2013. № 6. С. 34-37.
111. Санитарные правила СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 2 декабря 2020 года № 40.
112. Магомедова Х. М., Раджабова Г. С. Перевод как вид межкультурной коммуникации // Концепт. 2015. № 15. С. 1-5.
113. Козак Т. Н. Роль НАТО в процессе распространения английского языка как средства международного общения // Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. 2015. № 7-8. С. 67-72.
114. STANAG 6001 – Language proficiency levels. – Brussels: NATO Standardization Agency, 2010. – URL: <http://www.stanag6001.com/languages> (дата доступа: 02.04.2022).
115. Макаренко С. И., Ковальский А. А., Краснов С. А. Принципы построения и функционирования аппаратно-программных средств телекоммуникационных систем: учебное пособие. Часть 2: Сетевые операционные системы и принципы обеспечения информационной безопасности в сетях. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2020. – 357 с.
116. Табаков Ю. Переносимость данных и программ // C++ Builder. Интернет учебник для всех [Электронный ресурс]. 23.06.2021. – URL: <https://cubook.pro/perenosimost-dannykh-i-programm> (дата доступа: 02.04.2022).

117. Прокофьева И. В., Шибанов С. В., Шашков Б. Д. Анализ применения современных технологий интеграции данных в разнородных распределенных информационных системах // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2009. Т. 1. С. 243-249.

118. Шибанов С. В., Яровая М. В., Шашков Б. Д., Кочегаров И. И., Трусов В. А., Гришко А. К. Обзор современных методов интеграции данных в информационных системах // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2010. Т. 1. С. 292-295.

119. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19941-2021. Информационные технологии. Облачные вычисления. Интероперабельность и переносимость. – М.: Стандартинформ, 2022. – 74 с.

120. Батоврин В. К., Гуляев Ю. В., Олейников А. Я. Обеспечение интероперабельности - основная тенденция в развитии открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 5. С. 7-15.

121. ГОСТ Р 59897-2021. Данные для систем искусственного интеллекта в образовании. Требования к сбору, хранению, обработке, передаче и защите данных. – М.: Стандартинформ, 2021. – 7 с.

122. Воройский Ф. С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник. – М.: Физматлит, 2003. – 760 с.

123. Макаренко С. И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. – Ставрополь: СФ МГГУ имени М.А. Шолохова, 2008. – 352 с.

124. ISO 9000:2015. Quality management systems - Fundamentals and vocabulary. – International Organization for Standardization, 2015. – 51 p.

125. Ключевые аспекты при выборе базы данных для вашего приложения // Habr.ru [Электронный ресурс]. 15.06.2021. – URL: <https://habr.com/ru/company/otus/blog/562852/> (дата доступа: 02.06.2022).

126. Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живём, работаем и мыслим. – М.: Манн, Иванов, Фербер, 2014. – 240 с.

127. Manyika J. et al. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. – McKinsey Global Institute, 2011. – URL: <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/all-research> (дата доступа: 02.06.2022).

128. Белоножко П. П., Белоус В. В., Куцевич Н. А., Храмов Д. А. Свободные облачные аппаратно-программные платформы. Аналитический обзор // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. № 6 (8). DOI: 10.15862/61TVN616

129. ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99 Информационная технология (ИТ). Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 1. Базовая модель. – М, 2000. – 113 с.

130. Макаренко С. И. Описательная модель сети связи специального назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 2. С. 113-164. DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10205.

131. Макаренко С. И. Перспективы и проблемные вопросы развития сетей связи специального назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 2. С. 18-68. DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10202.
132. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2010. – 945 с.
133. Cisco Networking Academy Program CCNA 3 and 4. Companion Guide. Cisco Press Publ., 2007. 1168 p.
134. Гордиенко В. Н., Тверецкий М. С. Многоканальные телекоммуникационные системы. – М.: Горячая линия - Телеком, 2013. – 397 с.
135. Крухмалев В. В., Гордиенко В. Н., Моченов А. Д., Иванов В. И., Бурдин В. А., Крыжановский А. В., Марыкова Л. А. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 510 с.
136. Соколов Н. А. Телекоммуникационные сети. Монография в 4-х частях. – М.: Альварес Пабблишинг, 2003, 2004.
137. Кучерявый Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
138. Макаренко С. И., Чаленко Н. Н., Крылов А. Г. Сети следующего поколения NGN // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 1. С. 81-102. DOI: 10.24411/2410-9916-2016-10105
139. Назаров А. Н., Сычев К. И. Модели и методы расчёта показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. – Красноярск: Поликом, 2010. – 389 с.
140. Смирнов П. И. Способы оценки показателей качества обслуживания в мультисервисных сетях // НИИ «Масштаб» [Электронный ресурс]. 12.11.2012. – URL: <https://www.mashtab.org/company/massmedia/articles/qos/> (дата обращения: 17.10.2022).
141. Классы обслуживания // OpenGL [Электронный ресурс]. 2020. – URL: <https://www.opengl.org.ru/seti-peredachi-paketnykh-dannykh/klassy-obsluzhivaniya.html> (дата обращения: 17.10.2022).
142. Воробьев С. П., Давыдов А. Е., Ефимов В. В., Курносков В. И. Инфокоммуникационные сети: энциклопедия. Том 1: Инфокоммуникационные сети: классификация, структура, архитектура, жизненный цикл, технологии / Под ред. С. П. Воробьева. – СПб.: Научные технологии, 2019. – 739 с.
143. Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов (Утверждена решением Президента РФ от 23.11.1995 № Пр-1694). – М., 1995. – URL: <https://rulaws.ru/acts/Kontseptsiya-formirovaniya-i-razvitiya-edinogo-informatsionnogo-prostranstva-Rossii-i-sootvetstvuyuschih-gosu/> (дата доступа 22.03.2023).
144. Копылов А. В. О слабых сторонах американской концепции «сетевых войн (операций)» // Военная мысль. 2011. № 7. С. 53-62.

145. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений - краткий обзор // Habr [Электронный ресурс]. 28.05.2018. – URL: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/359188/> (дата доступа: 16.07.2020).
146. Гребешков А. Ю. Управление сетями электросвязи по стандарту TMN: учебное пособие. – М.: Радио и связь, 2004. – 155 с.
147. Макаренко С. И. Аудит безопасности критической инфраструктуры специальными информационными воздействиями. Монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2018. – 122 с.
148. Saltzer J. H., Schroeder M. D. The protection of information in computer systems // Proceedings of the IEEE. 1975. Vol. 63. № 9. С. 1278-1308.
149. Рекомендации по стандартизации Р 50.1.053 – 2005. Информационные технологии. Основные термины и определения в области технической защиты информации. – М.: Стандартинформ, 2006. – 11 с.
150. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799-2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью. – М.: Стандартинформ, 2006. – С. 4-15.
151. OECD Guidelines for the Security of Information Systems and Networks: Towards a Culture of Security. – OECD Publications, 2002. – 30 с. – URL: <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/15582260.pdf> (дата обращения: 22.10.2022).
152. NIST Special Publication 800-160: Systems Security Engineering: Considerations for a Multidisciplinary Approach in the Engineering of Trustworthy Secure Systems. Vol. 1. – National Institute of Standards and Technology, 2016. – 260 p.
153. Open Group Standard Open Information Security Management Maturity Model (O-ISM3). Version 2.0. – The Open Group, 2017. – 130 p.
154. Hughes J., Cybenko G. Quantitative Metrics and Risk Assessment: The Three Tenets Model of Cybersecurity // Technology Innovation Management Review. 2013. P. 15-24. – URL: [https://timreview.ca/sites/default/files/article\\_PDF/HughesCybenko\\_TIMReview\\_August2013.pdf](https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/HughesCybenko_TIMReview_August2013.pdf) (дата обращения: 22.10.2022).
155. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000 – 2012. Информационная технология (ИТ). Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Общий обзор и терминология. – М.: Стандартинформ, 2019.
156. ГОСТ Р 50922 – 2006. Защита информации. Основные термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2008. – С. 3-12.
157. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799-2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью. – М.: Стандартинформ, 2006. – С. 4-15.
158. ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498 – 2000. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 2. Архитектура защиты информации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – С. 3.
159. ГОСТ Р 58048-2017 Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий. – М.: Стандартинформ, 2017.

160. ISO/IEC/IEEE 15288:2015. Systems and software engineering - System life cycle processes. – ISO, 2015. – 108 p. – URL: <https://www.iso.org/standard/63711.html> (дата обращения: 18.06.2023).

161. ГОСТ Р 57193-2016 Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. – М.: Стандартинформ, 2017.

162. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – М.: Стандартинформ, 1992.

163. Р 50-605-80-93. Рекомендации. Система разработки и постановки продукции на производство. Термины и определения. – М.: ВНИИ стандартизации Госстандарта России, 1993. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293827/4293827526.htm> (дата обращения: 18.06.2023).

164. Косяков А. Свит У. Н., Сеймур С. Дж., Бимер С. М. Системная инженерия. Принципы и практика. 2-е изд. – М.: ДМК-Пресс, 2017. – 624 с.

165. ISO/IEC/IEEE 12207:2017. Systems and software engineering – Software life cycle processes. – ISO, 2017. – 145 с. – URL: <https://www.iso.org/standard/63712.html> (дата обращения 22.12.2022).

166. ГОСТ Р 59853-2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2021. – 16 с.

167. ГОСТ Р 59793-2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – М.: Стандартинформ, 2022. – 8 с.

168. Требования ГОСТ на автоматизированные системы в ИБ-проектах. Что изменилось и как это применять? // Habr [Электронный ресурс]. 17.06.2022. – URL: <https://habr.com/ru/companies/angarasecurity/articles/671882/> (дата доступа: 23.06.2023).

169. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – М.: Стандартинформ, 2012.

170. Берг Д. Б., Зверева О. М., Вишнякова А. Ю. Управление жизненным циклом информационных систем: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2022. – 94 с.

171. Калининченко Л. А., Брюхов Д. О., Когаловский М. Р., Кравченко Д. В., Романов В. Ю., Рябов Ю.Ф., Рябошапка А. А., Сухомлин В. А., Чабан И. А. Обеспечение информационной и научно-методической поддержки проектов РФФИ на основе объектных технологий для создания открытых интероперабельных информационных и вычислительных ресурсов для фундаментальной науки и образования. Отчет о НИР № 97-07-90369. – М.: РФФИ, 1997.

172. Брюхов Д. О., Задорожный В. И., Калининченко Л. А., Курошев М. Ю., Шумилов С. С. Интероперабельные информационные системы: архитектуры и технологии // Системы управления базами данных.

1995. № 4. – URL: <https://www.osp.ru/dbms/1995/04/13031453> (дата доступа: 04.08.2023).

173. Калиниченко Л. А. СИНТЕЗ – язык определения, программирования и проектирования интероперабельных сред неоднородных информационных ресурсов. – М.: ИПИ РАН, 1993. – 113 с.

174. Kalinichenko L. A declarative framework for capturing dynamic behaviour in heterogeneous interoperable information resource environment // Proceedings - RIDE-IMS 1993: 3rd International Workshop on Research Issues in Data Engineering: Interoperability in Multidatabase Systems. 3. 1993. С. 249-252.

175. Батоврин В. К. Использование принципов открытых систем в системной инженерии // Информационные технологии и вычислительные системы. 2006. № 3. С. 19-41.

176. Дроговоз В. А. Совершенствование оценки показателей интероперабельности сложных систем при помощи сценарного моделирования // Сборник трудов XXIX Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь», посвященной 70-летию кафедры радиофизики ВГУ (г. Воронеж, 18–20 апреля 2023 г.). Том 5. – Воронеж: ВГУ, 2023. – С. 361-369.

177. Дроговоз В. А. Обеспечение интероперабельности электронного здравоохранения в условиях цифровой трансформации экономики России // Сборник трудов XII Международной научной конференции «ИТ-Стандарт 2023». – М.: Издательство «Проспект», 2023. – С. 89-97.

178. Дроговоз В. А. Концептуальные аспекты обеспечения интероперабельности электронного здравоохранения в условиях цифровой трансформации экономики России // ИТ-стандарт. 2023. №2. С. 51-61.

179. Акаткин Ю. М., Ясиновская Е. Д. Цифровая трансформация правительства датацентричность и модели-ориентированность // Информационные ресурсы России. 2019. № 1 (167). С. 2-7.

180. Франгулова Е. В. Классификация подходов к интеграции и интероперабельности информационных систем // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 2. С. 176-180.

181. Козлов С. В. Эволюция требований по комплексированию функциональных подсистем АСУ: совместимость, интероперабельность, интеграция // Военная безопасность России: взгляд в будущее. Материалы 7-й Международной межведомственной научно-практической конференции научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук. В 3-х томах. Том 1. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. – С. 291-296. – URL: <https://bmstu.press/catalog/item/7619/download> (дата доступа: 04.08.2023).

182. ГОСТ Р 59796-2021. Интероперабельность. Термины и определения. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 7 с.

183. Макаренко С. И. Термины и определения в области интероперабельности. Справочник. – СПб.: Научно-технологические технологии, 2023. – 41 с.



184. Михневич С. Ю., Тежар А. А. Эволюция понятия интероперабельности открытых информационных систем // Цифровая трансформация. 2023. Т. 29. № 2. С. 60-66. DOI: 10.35596/1729-7648-2023-29-2-60-66

185. Смагин А. А., Куприянов А. А., Мельниченко А. С. "Технологическая зрелость" и "технологическая готовность" в программной инженерии // Автоматизация процессов управления. 2008. № 4. С. 62-70.

186. ГОСТ Р 57377-2016/ISO/TR 16056-2:2004. Информатизация здоровья. Функциональная совместимость систем и сетей телездоровоохранения. Часть 2. Системы реального времени. – М.: Стандартинформ, 2018. – URL: [https://allgosts.ru/35/240/gost\\_r\\_57377-2016](https://allgosts.ru/35/240/gost_r_57377-2016) (дата доступа 20.06.2023).

187. ГОСТ Р 58538-2019 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Спецификация требований к организации информационного взаимодействия. – М.: Стандартинформ, 2020. – URL: [https://allgosts.ru/35/240/gost\\_r\\_58538-2019](https://allgosts.ru/35/240/gost_r_58538-2019) (дата доступа 20.06.2023).

188. ПНСТ 644-2022 Информационные технологии. Интернет вещей. Совместимость систем интернета вещей. Часть 1. Структура. – М.: Стандартинформ, 2022. – URL: [https://allgosts.ru/35/020/pnst\\_644-2022.pdf](https://allgosts.ru/35/020/pnst_644-2022.pdf) (дата доступа 20.06.2023).

189. Пограничный словарь. – М.: Академия Федеральной ПС РФ. 2002. – 260 с. – URL: <https://rus-border-dict.slovaronline.com> (дата доступа 20.06.2023).

190. Рейнгольд Л. А., Волков А. И., Копайгородский А. Н., Пустозеров Е. Ю. Семантическая интероперабельность в решении финансовых задач и способы ее измерения // Прикладная информатика. 2016. Т. 11. № 4 (64). С. 115-134.

191. Рейнгольд Л. А. О системе понятий для концептуального исследования информационных технологий // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. № 4 (12). С. 6-17.

192. Жевнерчук Д. В. Обобщенный метод синтеза многокомпонентных интероперабельных структур на основе онтологии и недетерминированного конечного автомата // Информационные технологии. 2019. Т. 25. № 2. С. 67-74.

193. Охтилев М. Ю., Коромысличенко В. Н., Охтилев П. А., Зянчурин А. Э., Васильев В. И. Концепция инженерии знаний в задачах обеспечения интероперабельности АСУ и информационных систем на основе интеллектуальных технологий // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2023. № 3 (35). С. 5-13.

194. Непша Ф. С., Андриевский А. А., Красильников М. И. Онтология как основа для создания цифровых двойников объектов управления интеллектуальной распределенной энергетики // Автоматизация в промышленности. 2021. № 1. С. 27-33.

195. Розенберг И. Н., Дулин С. К., Дулина Н. Г. О важности интероперабельности для цифровой трансформации железнодорожного транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. № 2 (18). С. 3-12.

196. Озеров А. В. О подходах к обеспечению функциональной безопасности и надежности железнодорожных систем управления // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. № 2 (18). С. 74-81.

197. Сеницына А. С., Некрасов А. Г. Бесшовность и интеллектуальная мобильность интермодальных транспортно-логистических систем // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2022. № 2 (24). С. 163-175.

198. Гапанович Д. А., Тарасова В. А., Сухомлин В. А., Куприяновский В. П. Анализ подходов архитектурного проектирования цифровых двойников // International Journal of Open Information Technologies. 2022. Т. 10. № 4. С. 71-83.

199. Осипенков М. Н., Узьяев И. Н. Основные проблемы достижения интероперабельности информационных систем органов государственного и военного управления при решении задач обороны // Военная мысль. 2020. № 5. С. 143-149.

200. Ячменева В. М., Ячменев Е. Ф. Цифровое пространство как необходимое и достаточное условие цифровизации экономики // Baikal Research Journal. 2020. Т. 11. № 3. С. 2.

201. Акперов И. Г., Храмов В. В. Управление социально-экономическими системами региона - становление цифровой экономики // Интеллектуальные ресурсы - региональному развитию. 2020. № 2. С. 36-47.

Научное издание

**Макаренко Сергей Иванович**

Интероперабельность организационно-технических систем

Монография

Рецензенты:

*Башлыкова Анна Александровна*, кандидат технических наук (МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва);

*Козлов Сергей Витальевич*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник (Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва).

Издательство «Наукоемкие технологии»

ООО «Корпорация «Интел групп»

197372, Санкт-Петербург, пр. Богатырский, дом 32, к. 1 лит. А, пом. 6Н.

<http://publishing.intelgr.com>

Тел.: +7 (812) 945-50-63

E-mail: [publishing@intelgr.com](mailto:publishing@intelgr.com)

ISBN 978-5-6048123-9-6



---

Гарнитура «TimesNewRoman». 17,17 п. л.

Тираж 600 экз. Подписано в печать 10.01.2024.

---

Материалы изданы в авторской редакции



**Макаренко Сергей Иванович** – доктор технических наук, доцент. Член-корреспондент Академии военных наук.

Родился в 1980 году в г. Ставрополе. В 2002 году окончил факультет авиационного радиоэлектронного оборудования Военного авиационного технического университета имени проф. Н. Е. Жуковского по специальности «Автоматизированные системы управления и обработки информации».

В 2007 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения». С 2015 года – доцент по специальности «Военные системы управления, связи и навигации». В 2018 году защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Проходил военную службу. После увольнения из вооруженных сил работает на предприятиях оборонно-промышленного комплекса России, в организациях РАН, в системе высшего образования и подготовки кадров высшей квалификации.

По состоянию на 2023 год входит ТОП-100 рейтинга Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) наиболее цитируемых ученых России в тематических областях «Связь» и «Военное дело».