

Макаренко С.И.



Интероперабельность человеко-машинных интерфейсов



Монография

С. И. Макаренко

**Интероперабельность
человеко-машинных
интерфейсов**

Монография

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2023

УДК 331.101.1

ББК 30.17

Рецензенты:

М15 *Козлов Сергей Витальевич*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Мерзлякова Екатерина Юрьевна, кандидат технических наук;

Сергеев Сергей Федорович, доктор психологических наук, профессор.

Рекомендовано к публикации ученым советом Санкт-Петербургского
Федерального исследовательского центра Российской академии наук

М15 Макаренко С. И.

Интероперабельность человеко-машинных интерфейсов. Монография. –
СПб.: Наукоемкие технологии, 2023. – 185 с.

S. I. Makarenko

Interoperability of human-machine interfaces. Saint Petersburg, Naukoemkie
Tehnologii Publ., 2023. 185 p.

ISBN 978-5-907618-37-4

В монографии представлен авторский взгляд на проблему обеспечения интероперабельности человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) информационных организационно-технических систем (ОТС). Актуальность этой проблематики обусловлена двумя факторами. Во-первых, основанная функция ЧМИ – обеспечение высокоэффективного информационного обмена между пользователями и техническими компонентами ОТС. Во-вторых, интероперабельность – свойство различных компонентов системы беспрепятственно обмениваться информацией между собой, ее правильно интерпретировать и эффективно ее использовать для решения целевых задач.

В работе интероперабельность ЧМИ рассматривается в соответствии с отечественной эталонной моделью интероперабельности, представленной в ГОСТ Р 55062-2012. Рассмотрены основные аспекты обеспечения интероперабельности и эргономики ЧМИ на семантическом, организационном и техническом уровнях. Показано влияние интероперабельности и эргономики ЧМИ на эффективность ОТС в целом. Представленные материалы по созданию интероперабельных и эргономичных ЧМИ, на взгляд автора, могут быть полезными для проектировщиков информационных ОТС.

Отдельные результаты, представленные в данной монографии, получены в рамках выполнения гранта РФФИ № 19-07-00774-А и госбюджетной темы НИР FFZF-2022-0004.

УДК 331.101.1

ББК 30.17

Напечатано с оригинал-макета, подготовленного автором.

ISBN 978-5-907618-37-4

© Макаренко С.И., 2023.

© Издательство «Наукоемкие технологии»,
2023.

*С чувством глубокого восхищения посвящаю свою работу пионеру отечественной 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	10
1. ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ОТС.....	16
1.1. Ретроспективный анализ возникновения и развития интероперабельности ОТС.....	16
1.1.1. Появление и развитие сети Интернет, как первый шаг к постановке проблемы обеспечения интероперабельности больших гетерогенных информационных ОТС.....	16
1.1.2. Проектирование больших корпоративных и военных информационных систем, как начало системных исследований вопросов обеспечения интероперабельности ОТС	20
1.1.3. Исследование вопросов обеспечения интероперабельности ОТС в России	24
1.2. Основные подходы к формализации интероперабельности ОТС	26
1.2.1. Общие подходы к обеспечению интероперабельности	26
1.2.2. LISI-модель	27
1.2.3. SCOPE-модель	29
1.2.4. Концепция DODAF	33
1.2.5. Руководство NIF	35
1.2.6. Отечественный подход к формализации интероперабельности	37
1.2.6.1. Эталонная модель интероперабельности.....	37
1.2.6.2. Методика достижения интероперабельности	39
1.2.6.3. Направление развития отечественного подхода за счет адаптации SCOPE-модели к эталонной модели интероперабельности	40
1.2.6.4. Направление развития отечественного подхода за счет адаптации NIF-модели к эталонной модели интероперабельности	43
1.3. Роль и место интероперабельности ЧМИ в составе общей интероперабельности ОТС	45
1.3.1. Основные термины и понятия.....	45
1.3.2. Важность и актуальность исследований вопросов качества ЧМИ для обеспечения интероперабельности ОТС.....	47
1.3.3. Вопросы качества ЧМИ в составе зарубежных и отечественной моделях интероперабельности.....	48

2. СЕМАНТИЧЕСКАЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ЧМИ	51
2.1. Мультиагентная концептуальная модель семантической интер- операбельности ОТС	52
2.1.1. Классификация агентов в ОТС	52
2.1.2. Общая схема семантического взаимодействия агентов в ОТС	53
2.1.3. Межагентное взаимодействие: семантика взаимодействия, типы взаимодействия, основные особенности.....	56
2.1.3.1. Основные особенности семантического взаимодействия агентов в ОТС	56
2.1.3.2. Модель знаний агента	59
2.1.3.2. Цель взаимодействия	62
2.1.3.3. Предметная область	63
2.1.3.4. Контекст взаимодействия.....	63
2.1.4. Дополнительные особенности, влияющие на семантическую ин- тероперабельность взаимодействия агентов	66
2.1.4.1. Лингвистическая совместимость взаимодействия агентов- пользователей	66
2.1.4.2. Особенности использования терминов, понятий и знаний в специализированных предметных областях	67
2.1.4.3. Особенности вербального (речевого) взаимодействия аген- тов-пользователей	69
2.1.5. Типы семантического взаимодействия агентов-пользователей ОТС, с использованием ЧМИ	70
2.2. Проблемные вопросы организации семантического взаимодей- ствия с использованием ЧМИ	72
2.2.1. Проблемы передачи неявной информации и формирования неяв- ных знаний при семантическом взаимодействии	72
2.2.2. Проблемы создания ЧМИ для взаимодействия с интеллекту- альными робототехническими системами.....	76
2.2.3. Проблемы формирования интеллектуальных ЧМИ для взаимо- действия с информационными системами обработки больших данных	78

2.3. Основные особенности семантического взаимодействия пользователя с ЧМИ.....	79
2.3.1. Важность семантической интероперабельности ЧМИ при управлении техническими системами	79
2.3.2. Переход от множества специализированных интерфейсов к универсальному ЧМИ	81
2.3.3. Общая схема взаимодействия пользователя с технической системой посредством ЧМИ.....	82
2.3.4. Роль проектировщиков при обеспечении семантической интероперабельности ЧМИ.....	84
2.4. Основные каналы восприятия и эффекторы ввода/вывода информации посредством ЧМИ.....	86
2.4.1. Визуальный (зрительный) канал получения информации человеком.....	86
2.4.2. Слуховой канал получения информации человеком.....	88
2.4.3. Тактильный канал получения информации человеком.....	89
2.4.4. Особенности передачи информации различного типа по различным каналам восприятия	90
2.4.4.1. Передача пространственной информации.....	90
2.4.4.2. Передача временной информации.....	91
2.4.4.3. Передача информации об аварийных ситуациях.....	91
2.4.5. Характеристики памяти и двигательных функций человека при реакции на поступающую информацию и вводе команд в ЧМИ.....	92
2.5. Психические особенности и состояния пользователей, значимые для эффективности их семантического взаимодействия с ЧМИ	94
2.5.1. Темперамент	95
2.5.2. Характер	95
2.5.3. Способности.....	96
2.5.4. Чувства и эмоции.....	96
2.5.5. Воля.....	97
2.5.6. Психические состояния	98
2.5.7. Дополнительные негативные факторы	99

2.6. Основные требования, предъявляемые к ЧМИ и к информации, передаваемой через него	100
2.6.1. Требования к информации, передаваемой посредством ЧМИ.....	100
2.6.2. Основные требования к ЧМИ, управляющей системы.....	102
2.6.3. Основные требования к ЧМИ, информационной системы.....	103
3. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ЧМИ	104
3.1. Основные стандарты, определяющие требования к ЧМИ, повышение эффективности взаимодействия с пользователем и эргономики их использования.....	105
3.1.1. Группа стандартов ISO 9241	105
3.1.2. Группа стандартов ISO 14915	107
3.1.3. Стандарт ISO 6385.....	108
3.2. Основные стандарты, определяющие проектирование ЧМИ	108
3.2.1. Группа стандартов ISO 9241	108
3.2.2. Стандарт ISO/TS 18152.....	110
3.2.3. Группа стандартов ISO/IEC TR 25060	110
3.2.4. Стандарт ISO/TR 18529	110
3.2.5. Стандарт ISO/IEC 12207	110
4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ЧМИ.....	111
4.1. Основные сервисы взаимодействия в ОТС. Универсальный ЧМИ. Понятие эргономичности.....	112
4.2. Основные параметры оценки эффективности системы «человек - машина», на которые влияет эргономика ЧМИ.....	114
4.3. Основные параметры оценки эргономики ЧМИ и способы их улучшения.....	116
4.3.1. Скорость работы пользователей.....	117
4.3.2. Количество ошибок, допускаемых пользователем.....	118
4.3.3. Длительность обучения пользователей	120
4.3.4. Степень субъективного удовлетворения пользователей	122
4.4. Основные подходы и методики разработки ЧМИ	124
4.4.1. Проблемно-центрированный подход	124
4.4.2. Каскадная методика (методика «водопад»)	125

4.4.3. V-образная методика.....	126
4.4.4. Методика системной инженерии, в соответствии со стандартом ISO/IEC 12207	127
4.4.5. Инкрементная методика	128
4.4.6. Эволюционная и RAD методики	129
4.4.7. Спиралевидная методика.....	130
4.4.8. Итерационная методика.....	131
4.4.9. Angle – гибкий подход к разработке	131
4.5. Основные методики анализа эргономичности ЧМИ.....	132
4.5.1. Методика SWT-анализа.....	132
4.5.1. Методика GOMS-анализа.....	133
4.6. Основные принципы разработки эргономичного ЧМИ	134
4.6.1. Основные принципы создания ЧМИ.....	135
4.6.2. Принципы Нильсона-Молича	135
4.6.3. Принципы Константине-Локвуд-Раскина	137
4.6.4. Принципы системного подхода к проектированию ЧМИ	138
4.6.4.1. Принципы отображения визуальной информации	138
4.6.4.2. Принципы предъявления звуковой информации.....	139
4.6.4.3. Принципы предъявления тактильной информации.....	140
4.6.5. Основные принципы организации графического интерфейса	140
4.7. Основные метафоры ЧМИ	142
4.7.1. Метафора «слуга».....	143
4.7.2. Метафора «ускоритель».....	144
4.7.3. Языковая метафора	144
4.7.4. Метафора «рабочий стол»	144
4.7.5. Метафора «виртуальная реальность».....	145
4.7.6. Метафора «дополненная реальность».....	146
4.7.7. Теоретико-множественная метафора	147
4.8. Основные типы ЧМИ	148
4.8.1. Структура и классификация интерфейсов.....	149
4.8.2. Тактильный интерфейс	150

4.8.3. Интерфейс командной строки.....	152
4.8.4. Графический интерфейс	154
4.8.4.1. GUI интерфейс.....	154
4.8.4.2. WIMP интерфейс.....	155
4.8.4.3. Post-WIMP интерфейс.....	157
4.8.4.4. WUI интерфейс.....	157
4.8.4.5. 3D интерфейс	158
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	159
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	160
ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ.....	164
ЛИТЕРАТУРА.....	176

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 обработки информации, а в итоге – к формулированию глобальной проблемы обеспечения интероперабельности, как способности 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-ех ее уровнях: организационном, семантическом и техническом. Подавляющая часть работ в этой области посвящена вопросам технической и организационной интероперабельности: совместимости форматов данных, процедур формирования и обработки данных; единым протоколам и интерфейсам передачи данных; разработке единых протоколов, стандартов и процедур для проектируемых и сопрягаемых информационных систем и т.д. Вместе с тем большие информационные системы, для которых актуальна проблематика обеспечения интероперабельности, являются, в своем подавляющем большинстве, организационно-техническими системами (ОТС), в которых человеческий компонент играет чрезвычайно важную роль. Именно на них – лиц, принимающих решения (ЛПР) в составе органов управления, пользователей информационных систем, операторов технических средств, возлагается задача оценки и контроля правильности

функционирования технических компонентов ОТС, ввода управляющих воздействий, контроля результативности и эффективности достижения общей цели функционирования.

При решении целевых задач ОТС важную роль играет интероперабельность человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ) как основного связующего звена между совокупностью технических аппаратно-программных компонентов ОТС и ее организационной частью – пользователями системы. 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, пользователи – 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 технических средств (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 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.

Цель у данной монографии двойственная. С одной стороны, ее материал ориентирован на специалистов в области интероперабельности ОТС, с целью показать, что 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 озаботиться 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-пользователям. С другой стороны, материал монографии ориентирован на специалистов в области инженерной психологии, человеко-машинного взаимодействия и эргономики ЧМИ. Большинство специалистов в этой области ведут исследования в области восприятия пользователями той или иной формы представления информации, повышения адекватности, точности и скорости реакции пользователей. Вместе с тем, автор хотел бы обратить внимание этих специалистов, на то, что 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 своеобраз-

ной интеллектуальной системой поддержки принятия решений, принимая решения о выборе той или иной информации и форме ее представления, которая из технической части ОТС поступит ее организационным компонентам – пользователям, 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.

В основу монографии положено обобщение цикла ранее изданных статей автора [1-7], которые, в свою очередь, базируются на переработке англоязычной SCOPE-модели (Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises (SCOPE) Model for Interoperability Assessment) [8], дополненных материалами отечественных специалистов в области ЧМИ, прежде всего С.Ф. Сергеева [9], Е.Ю. Мерзляковой [10, 11] и Е.Г. Дорониной [96]. Логически данная монография продолжает и развивает направление исследований автора, ориентированного на формирование теоретического базиса обеспечения интероперабельности информационных систем [12-39].

Несмотря на то, что в соответствии с эталонной моделью интероперабельности [40] традиционной последовательностью уровней интероперабельности является: организационный, семантический и технический, эта последовательность была изменена в данной работе. Рассмотрение семантического уровня интероперабельности на первом месте обусловлена его важностью для формализации процессов интерпретации смысла информации, посредством которой взаимодействуют как отдельные компоненты ОТС, в целом, так и пользователи с ЧМИ, в частности.

В 1-ой главе монографии «Интероперабельность ОТС» проведен ретроспективный анализ возникновения и развития интероперабельности ОТС. Показано что первым шагом к формулированию проблемы интероперабельности стало появление и развитие сети Интернет, как большой гетерогенной информационной ОТС. А внедрение больших корпоративных и военных информационных систем 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. Представлен краткий обзор этих положений. В России системные исследования обеспечения интероперабельности ОТС выдуться только с 2007 г., однако, в существенно меньшем масштабе и при этом, к сожалению, 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 интероперабельно-

сти, а также направлениями адаптации вышеуказанных западных положений к российской практике построения информационных ОТС. Показано, что одним из основных направлений обеспечения интероперабельности информационных ОТС в целом, является обеспечение интероперабельности ЧМИ между пользователями и ТС. Обоснована важность и актуальность исследований вопросов обеспечения интероперабельности ЧМИ их место и роль в составе зарубежных и отечественных моделей интероперабельности. В основу 1-ой главы монографии, положено обобщение материалов предыдущих работ автора [7, 12-39].

Во 2-ой главе монографии «Семантическая интероперабельность ЧМИ» представлена мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС. Применительно к данной модели рассмотрены: общая схема семантического взаимодействия агентов в ОТС; особенности взаимодействия агентов-пользователей и технических агентов по направлениям «агент-пользователь – ЧМИ – технический агент» и «агент-пользователь – ЧМИ – технический агент – ЧМИ – агент-пользователь»; 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 интеллектуальных ТС; 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, в завершении главы, сформулированы основные требования к информации, передаваемой посредством ЧМИ, а также к ЧМИ управляющих и информационных систем. В основу материала данной главы положено обобщение более ранних работ автора [1, 3-5], посвященных как общим вопросам семантической интероперабельности, так и частным вопросам семантической интероперабельности ЧМИ.

В 3-ей главе монографии «Организационная интероперабельность ЧМИ» рассмотрены основные стандарты проектирования ЧМИ, обеспечения их эргономики и информационной совместимости. В частности, рассмотрены: группа стандартов ISO 9241; группа стандартов ISO 14915; стандарт ISO 6385; стандарт ISO/TS 18152; группа стандартов ISO/IEC TR 25060; стандарт ISO/TR 18529. Чтобы не дублировать информацию и не загромождать материал монографии вышеуказанные стандарты рассмотрены в кратком обзорном виде, а для более полного ознакомления с теми аспектами интероперабельности ЧМИ, ко-

торые интересуют читателя, авторы рекомендуют обратиться непосредственно к тексту соответствующего стандарта.

В 4-ой главе монографии «Техническая интероперабельность ЧМИ» изложены 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 влияют 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 Константина-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). В основу материала данной главы положено обобщение работ [2, 8-11, 110-119], посвященных как общим вопросам обеспечения технической интероперабельности, так и частным вопросам проектирования ЧМИ.

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 как в области интероперабельности, так и в области человеко-машинного взаимодействия.

Материал монографии ориентирован на подготовленного читателя, имеющего базовые знания в области интероперабельности, человеко-машинного взаимодействия, проектирования ЧМИ. Работа может быть полезна специалистам в области инженерной психологии и проектирования 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, доктору психологических наук профессору С.Ф. Сергееву, за поиск ошибок и неточностей при рецензии.

ровании монографии и, в особенности – кандидату технических наук Е.В. Мерзляковой 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 исследованию в области интероперабельности. Автор благодарит его за это новое интересное направление исследований, качественное обсуждение этой тематики, высказанные советы и рекомендации. Деятельность именно 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 ЧМИ 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, а также в процессе выполнения совместных грантов и НИР. Кроме того, автор считает своим долгом поблагодарить всех тех специалистов, которые внесли свой научный и исторический вклад в развитие теоретических основ интероперабельности и человеко-машинного взаимодействия.

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.

1. Интероперабельность ОТС

Интероперабельность – способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена [40, 41].

Термин «интероперабельность», отражает комплексное свойство 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 интероперабельности прошло долгий путь от понимания ее как технической совместимости ТС связи и управления, до комплексного свойства больших гетерогенных информационных ОТС, обеспечивающих формирование, хранение, обработку и представление информации пользователю на организационном, семантическом и техническом уровнях.

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, а также роль и место интероперабельности ЧМИ в составе общей интероперабельности ОТС.

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 города 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).

шла 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 протоколов. Именно протокол BGP, наряду с протоколами TCP/IP и DNS, является одним из главных технических решений, обеспечивающих функционирование сети Интернет. И 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 [42, 43].

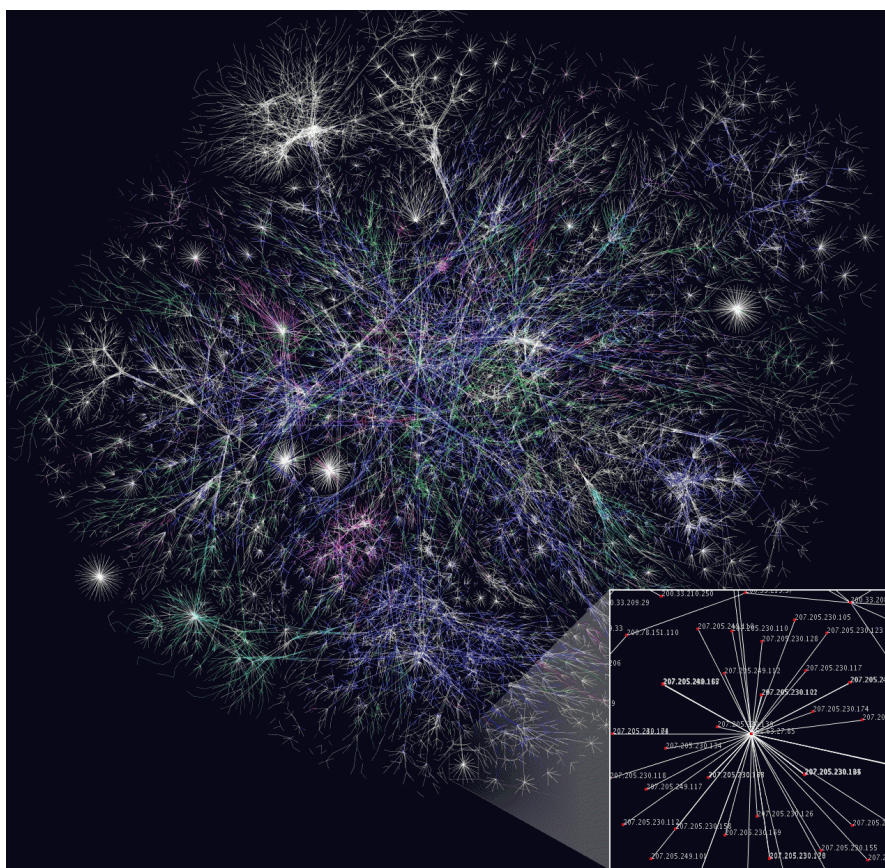


Рис. 1.2. Топологическая структура сети Интернет в 2005 г.

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 [42, 43].

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 маршрутизаторах и коммутаторах, но по факту они являются закрытыми программными решениями, что повышает риски несовместимости между собой целых сегментов глобальной сети. Некоторые страны, например Китай и Россия, при-

няли 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 все это является существенным барьером в дальнейшем развитии мирового информационного пространства.

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 и 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 разрабатывается концепция сетецентрического управления, 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 [44]. 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 [8]:

- *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) [45], 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) [46], а в дальнейшем – документ NATO Interoperability Standards and Profiles [47-49], 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 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 (DOD Architecture Framework) [50], 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) [51] и концепции по построению архитектуры открытых рабочих групп TOGAF (The Open Group Architecture Framework) [52].

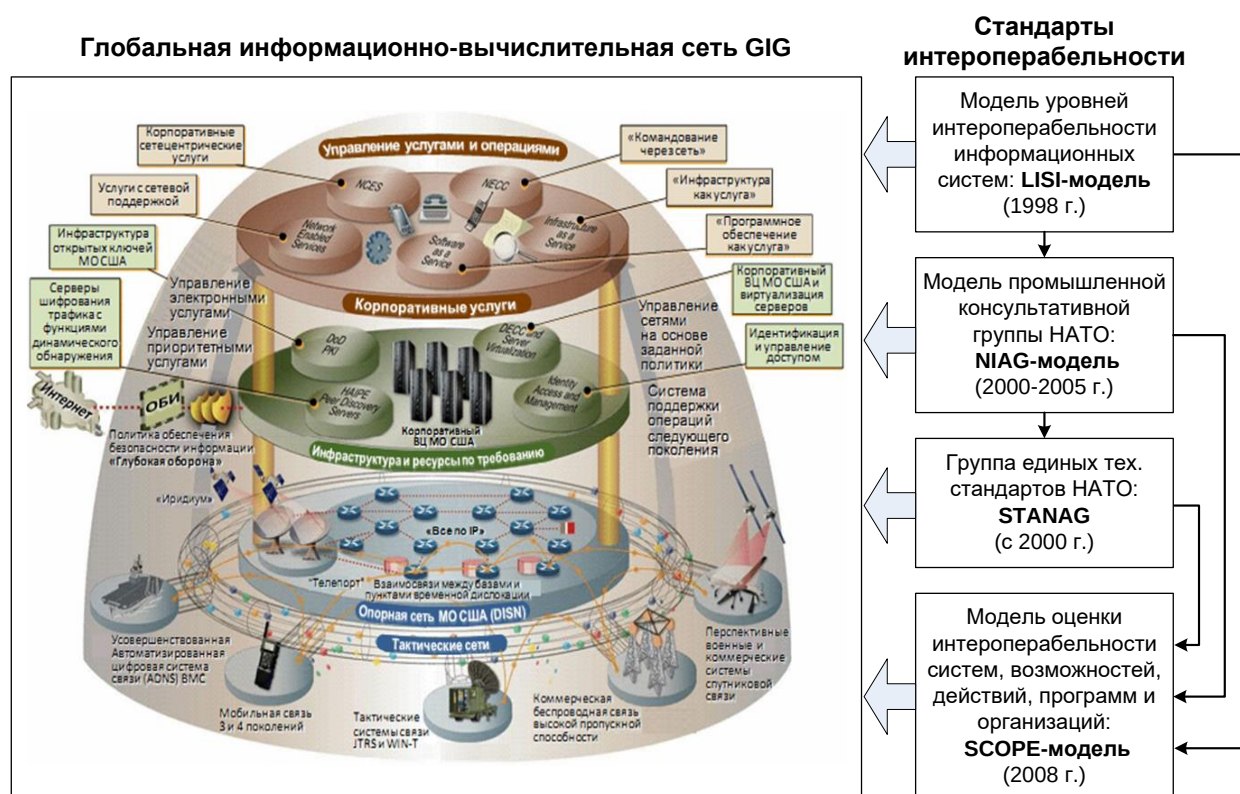


Рис. 1.3. Структура системы GIG МО США [44]

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 [44]. В рамках GIG было сформировано определенное множество сетцентрических 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) [53].

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) [54]. 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. Одним из основных документов выступает регулярно актуализируемый документ NISP (NATO Interoperability Standards and Profiles) [58], состоящий из трёх 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 ВВТ. В НАТО ежегодно проводятся тестирование вновь разрабатываемых систем военного назначения на соответствие требованиям по обеспечению интероперабельности. В качестве примера можно привести последние учения вооруженных сил стран НАТО «Defender Europe 2021», прошедшие в Эстонии, предусматривающие обширную программу проверки обеспечения интероперабельности взаимодействующих сил и средств различных стран-участников альянса.

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) [55], который на 2021 г. насчитывает более 50 членов из 12 стран. Основной задачей этого консорциума являлось перенос наилучших достижений в области сетцентрического управления из военной сферы в гражданскую, в том числе, и за счет разработки руководящих документов по проектированию сетцентрических информационно-управляющих ОТС общего, гражданского и коммерческого использования. Так как такие ОТС уже на этапе проектирования должны обладать изначальным свойством инте-

роперабельности консорциумом NCIOS 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) [8];
- руководство по обеспечению минимального уровня интероперабельности MLI (Minimum Level of Interoperability) [56];
- руководство по обеспечению интероперабельности NIF (NCOIC Interoperability Framework) [57].

В дальнейшем именно эти документы стали тем теоритическим базисом, который позволил обеспечить интероперабельность широкого спектра ОТС общего назначения.

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. Примерно аналогичное время отставания в развитии справедливо по отношению и к такому направлению, как сетецентрические системы. В рубрикаторе РФФИ рубрика «07-298 Сетецентрические принципы в системах управления и принятия решения в условиях неполной информации, дополненной и искаженной реальности (по отраслям)» появилась лишь 3 года назад, в то время как консорциум NCOIC образован в 2004 г. и нацелен уже в основном на решение прикладных задач, а не на фундаментально-теоритические исследования. 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) [59], а в РФ выше программ фундаментальных исследований данная 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.

Институт радиотехники и электроники (ИРЭ) Российской академии наук (РАН) им. В.А. Котельникова является практически единственной организацией, выполняющей начиная с 2007 г. теоритические работы по проблеме интероперабельности. К настоящему времени им 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 55062-2012 [40]. 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 (самолетом 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 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 55062-2012, 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. 1.2.6.3 и 1.2.6.4 данной работы.

1.2. Основные 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).

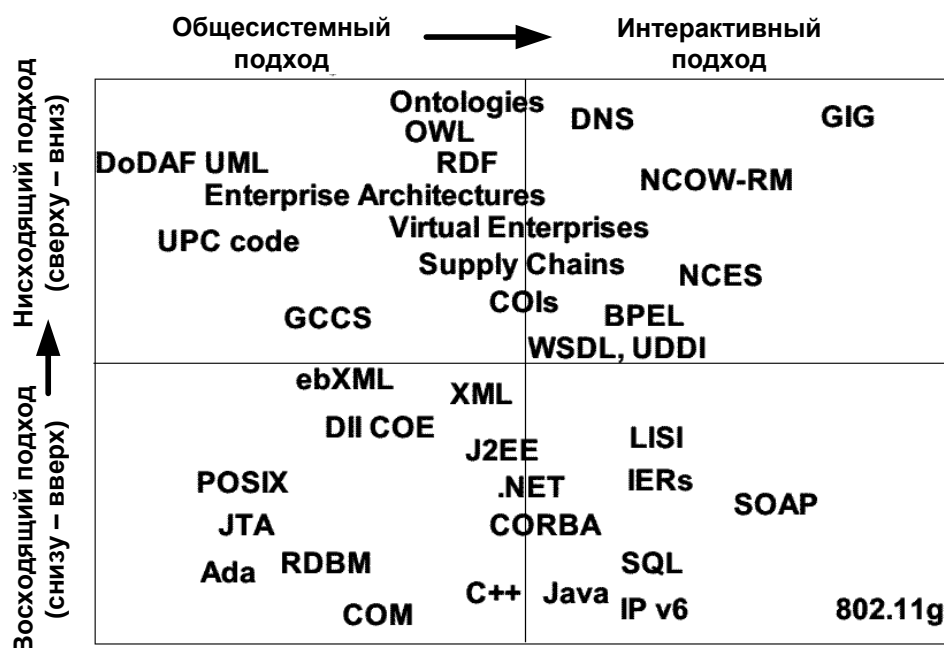


Рис. 1.4. Классификация технологий обеспечения интероперабельности по различным подходам [8]

Одним из вариантов декомпозиции этих технологий является разделение их на 2-а 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 [8]:

- *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 достижениях 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

LSI-модель (Levels of Information Systems Interoperability Model) [53] была разработана МО США в 1998 г. для формализации процессов взаимодействия различных систем, а также для оценки способности систем к такому взаимодействию.

LSI-модель представлена в таблице 1.1 [53].

LSI-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).

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;

Таблица 1.1 – LISI-модель [53]

Уровни масштаба и способности к взаимодействию			Отдельные аспекты интероперабельности					
			P		A	I	D	
			Интероперабельность процедур		Интероперабельность приложений	Интероперабельность инфраструктуры	Интероперабельность данных	
Уровень универсальных систем (уровень взаимодействия организаций)	4	c	Транснациональные компании		Полностью интерактивное взаимодействие между приложениями	Многokrратно дублируемая и сложно связанная сеть	Международно совместимые форматы данных	
		b	Межправительственные организации					Единые форматы данных
		a	Правительственные организации и подразделения МО					
Уровень интегрированных систем (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»			
Уровень распределенных систем (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			
Уровень связанных систем (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	В соответствии с политикой инф. безопасности		Передача файлов			
		b			Обмен однотиповыми сообщениями (данные, голос, фото и т.д.)			Один канал передачи
		a						
Уровень изолированных систем (уровень ручного взаимодействия)	0	d	Процедуры взаимодействия		Не определен	Существует возможность взаимодействия	Стандартные форматы файлов	
		c	Ручной обмен	НАТО ур. 3		Взаимодействие в ручном режиме	Частные форматы	
		b		НАТО ур. 2				
		a		НАТО ур. 1				
		0	Интероперабельность отсутствует					

- 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.

LSI-модель была разработана до того как концепция сетецентрического 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 «сетецентричности» ОТС при формальном описании интероперабельности, причем исходя из того, что свойство «сетецентричности» 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) [8]. Несмотря на то, что первоначально сетецентрические ОТС воспринимались исключительно в контексте их военного применения систем, в соответствии с концепцией SCOPE-модели понятие «сетецентричности» стало применимо к любой прикладной области, в которой используется ОТС с сетевой архитектуры 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).

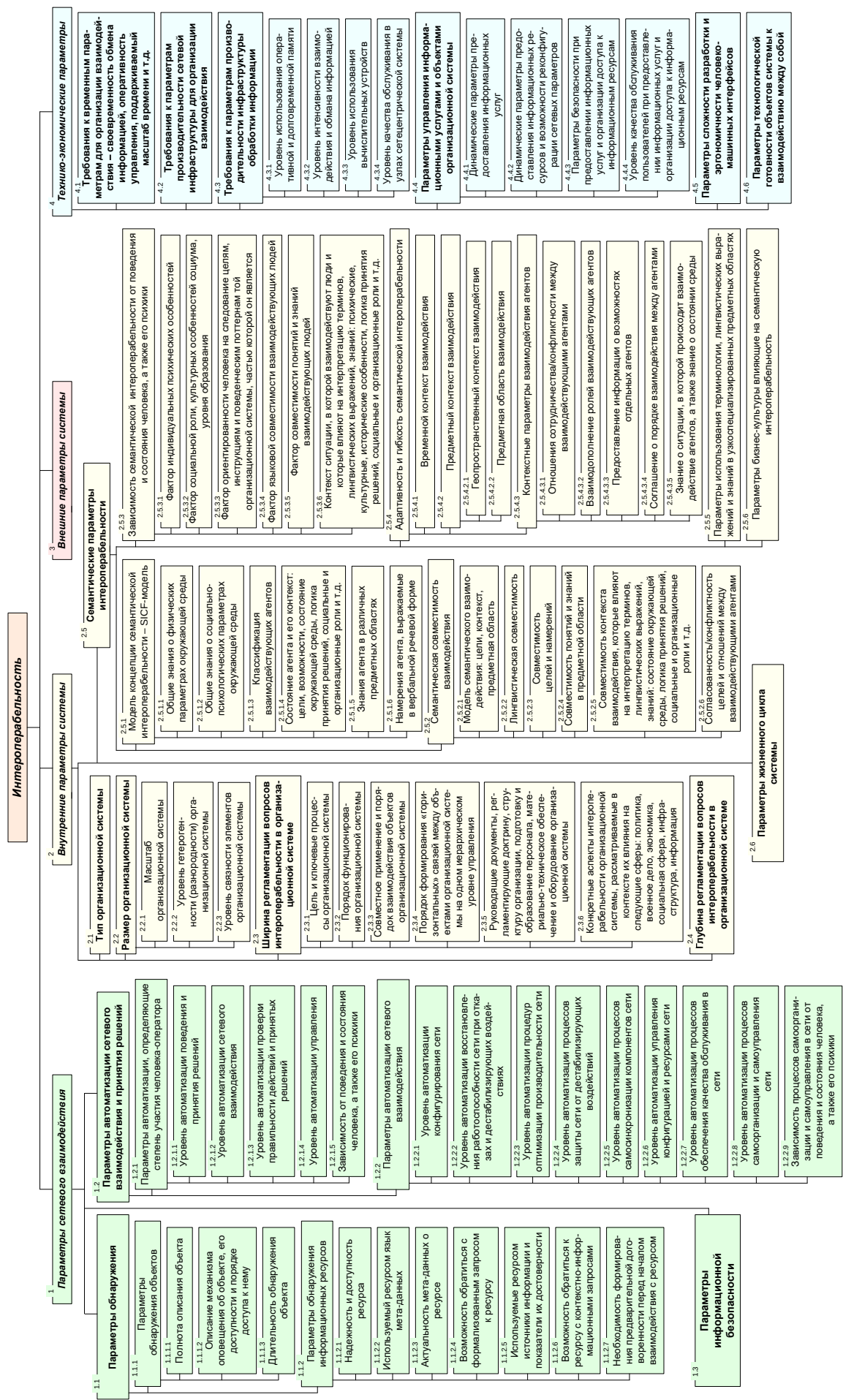
В таких системах SCOPE-модель может быть использована для анализа и оценки преимуществ от обеспечения интероперабельности для различных компонент сетевых ОТС, как в техническом, так и в организационном аспектах.

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 [8] формализованное описание интероперабельности в качестве SCOPE-модели не является полным. В связи с этим, в той же работе [8], 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 [8]:

- 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 уровня 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 [8].

Основным замыслом при разработке SCOPE-модели являлось выделение ключевых параметров интероперабельности системы, декомпозиции этих параметров на качественные и/или количественные показатели, значения которых численно определяют уровень реализации того или иного аспекта интероперабельности. В результате приложения SCOPE-модели к конкретной ОТС появляется возможность численно 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 [8]. 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 (DOD Architecture Framework) [50].

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) [50]:

- 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 [50].

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 [50].

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, программном и аппаратном обеспечении, 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 [50].

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 трех 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 (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. Техничко-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 [50]

1.2.5. Руководство NIF

Руководство NIF (NCOIC Interoperability Framework) [57] издано в 2008 г., и больше не обновлялось. Данный документ 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 интероперабельности с тем, чтобы любая организация могла разрабатывать компоненты и системы, такими 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».

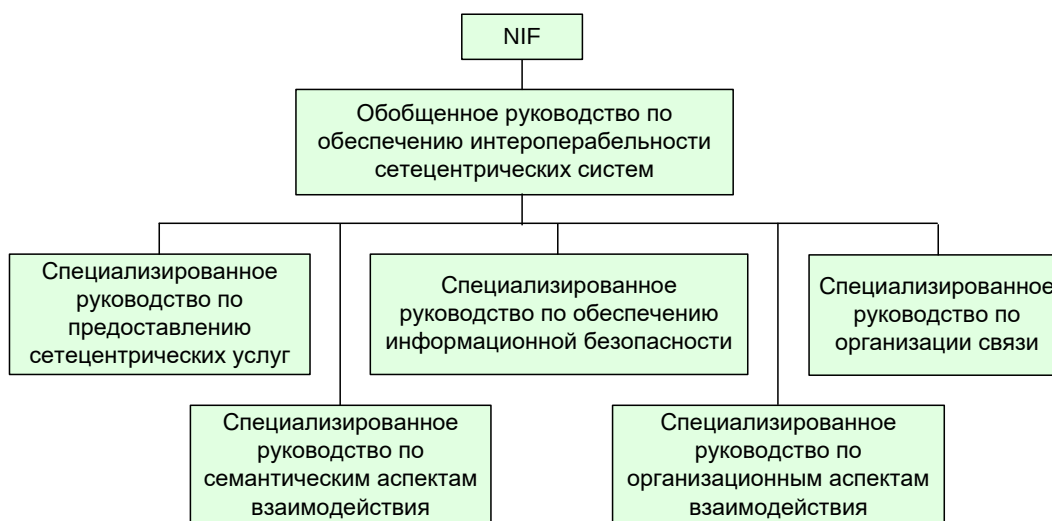


Рис. 1.7. Обобщенная и специализированные руководства в составе NIF [57]

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).



Рис. 1.8. NIF-модель интероперабельности сетцентрической ОТС [57]

1.2.6. Отечественный подход к формализации интероперабельности

Необходимо отметить, что отечественный теоритический базис обеспечения интероперабельности ОТС пока находится в процессе своего становления и развития. 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 55062-2012 «Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения» [40], а также дальнейшие направления исследований по адаптации материалов SCOPE- и NIF-моделей к отечественному подходу к интероперабельности, представленном в ГОСТ Р 55062-2012.

1.2.6.1. 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 55062-2012 «Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения» [40].

В соответствии с данной эталонной моделью взаимодействие информационных систем формализуется на трех иерархических уровнях интероперабельности (рис. 1.9) [40]:

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

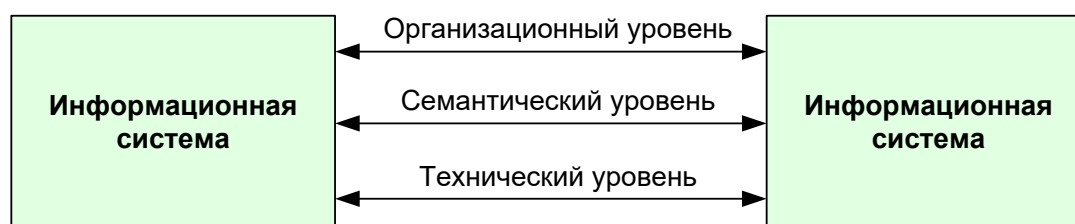


Рис. 1.9. Отечественная эталонная модель интероперабельности [40]

В соответствии с вышеуказанными уровнями, различают следующие частные представления единого понятия «интероперабельность» [40]:

- *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 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 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 ЛПП «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 интер-

претировать 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, 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.

1.2.6.2. Методика достижения интероперабельности

Кроме эталонной модели, ГОСТ Р 55062-2012 [40] включает в себя девятиэтапную методику достижения интероперабельности, представленную на рис. 1.10. Основой практического достижения интероперабельности является разработка и внедрение профиля интероперабельности.

Профиль интероперабельности – взаимоувязанный набор стандартов, организованных в соответствии с уровнями модели интероперабельности, ориентированный на описание информационного взаимодействия конкретных систем определенного класса. Процесс построения профиля состоит в последовательной идентификации требований к информационной системе, требований к ее

процессам и службам, необходимым для выполнения этих требований, требований к соответствующим информационным технологиям и к стандартам этих технологий.

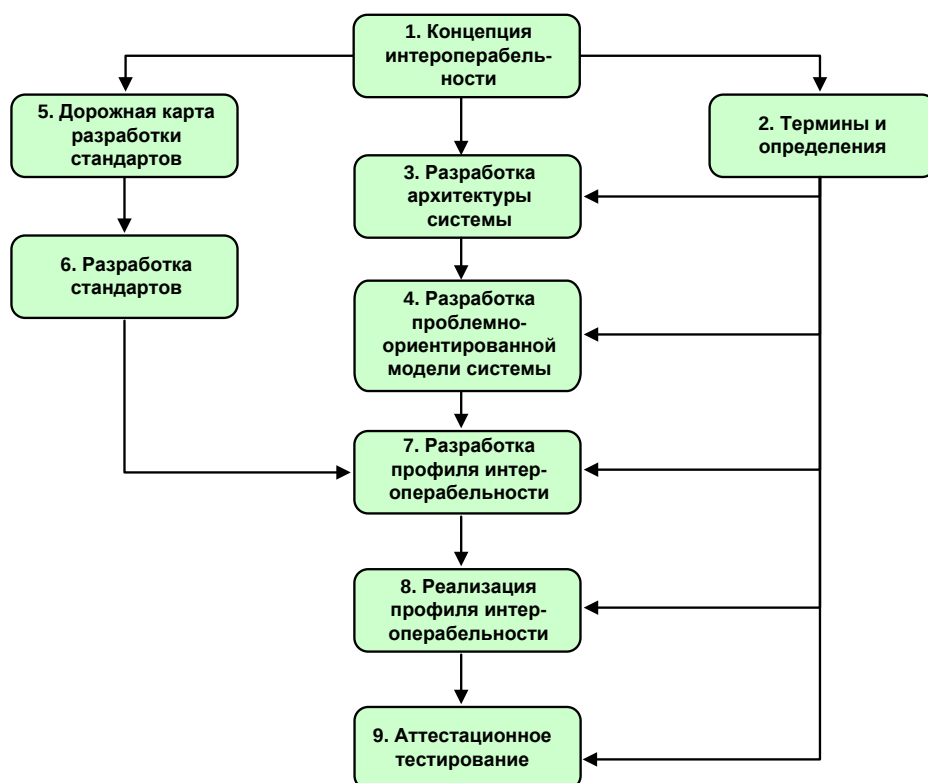


Рис. 1.10. Методика достижения интероперабельности [40]

1.2.6.3. Направление развития отечественного подхода за счет адаптации SCOPE-модели к эталонной модели интероперабельности

Модель интероперабельности, представленная в ГОСТ Р 55062-2012 [40], является эталонной: на её основе, в рамках решения задач обеспечения интероперабельности конкретных информационных систем, должны строиться 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 сетецентрических ОТС, одним из основных направлений совершенствования отечественной модели интероперабельности является заимствование подходов к формализации и отдельных параметров SCOPE-модели с последующей их адаптацией и интеграцией в отечественную модель интероперабельности.

Документ «SCOPE-модель» [8] выпущен консорциумом NCOIC в 2008 г., и содержит 154 стр. Достаточно полное описание SCOPE-модели представлено в п. 1.2.3 данной монографии. При этом разработчики SCOPE-модели указыва-

ют, 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 применительно к ОТС различного назначения.

Таким образом, эталонная модель интероперабельности (рис. 1.9), приведенная в ГОСТ Р 55062-2012 [40], также должна получить свое развитие с учетом SCOPE-модели. Предварительный вариант такого развития за счет адаптации и интеграции для 1-го и 2-го уровней детализации параметров SCOPE-модели, представлен на рис. 1.11.

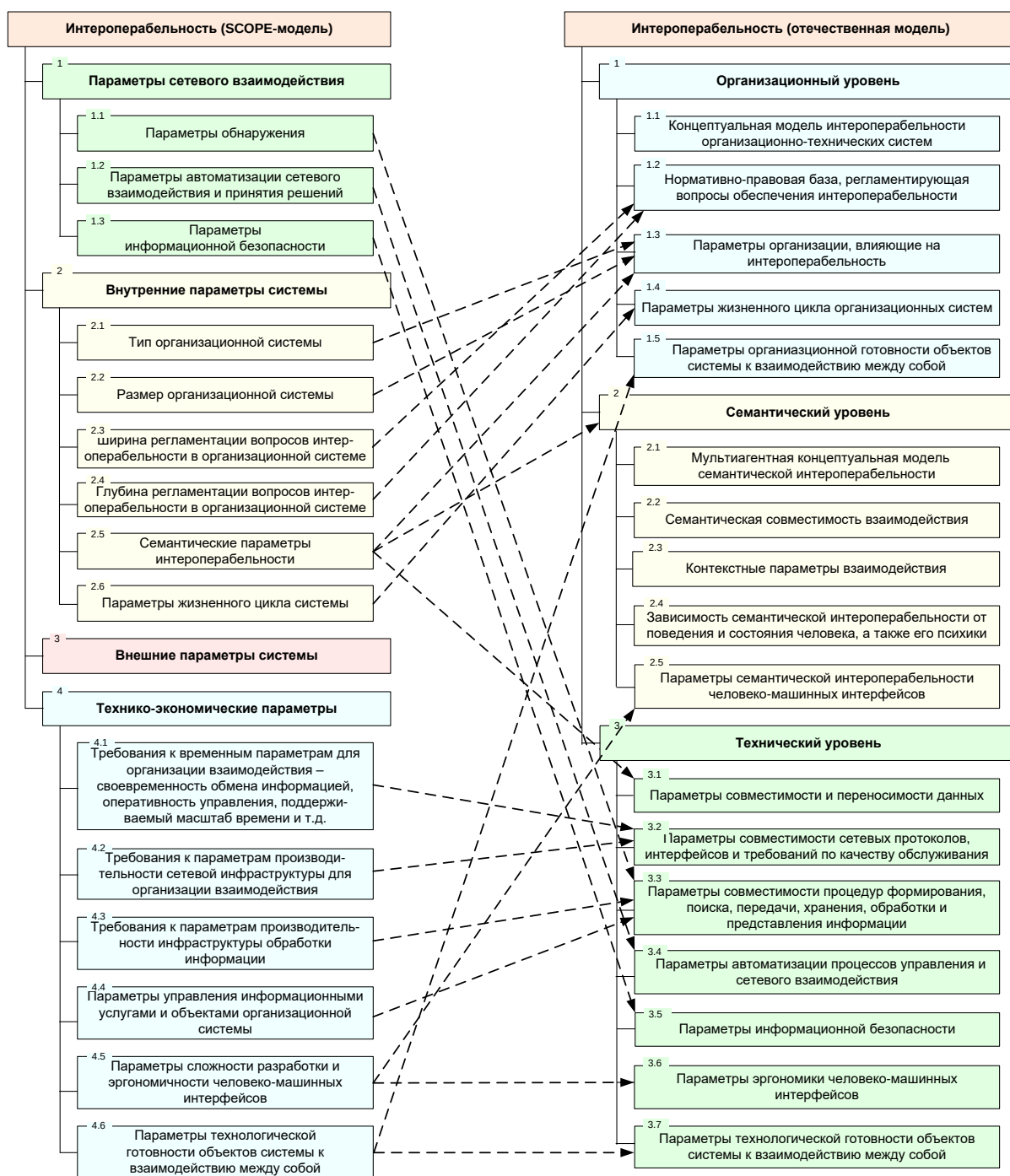


Рис. 1.11. Вариант адаптации и интеграции параметров SCOPE-модели в отечественную модель интероперабельности

Анализируя SCOPE-модель [8], 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 практико-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 многократно апробированные научно-методические подходы консорциума NCOIC в области формализации параметров интероперабельности. Результатом такой интеграции будет расширенная отечественная модель интероперабельности, вариант которой представлен на рис. 1.12. Дальнейшим направлением развития полученной расширенной модели будет являться оформление ее в виде национального стандарта ГОСТ Р и использование в отечественной практике построения информационных ОТС.

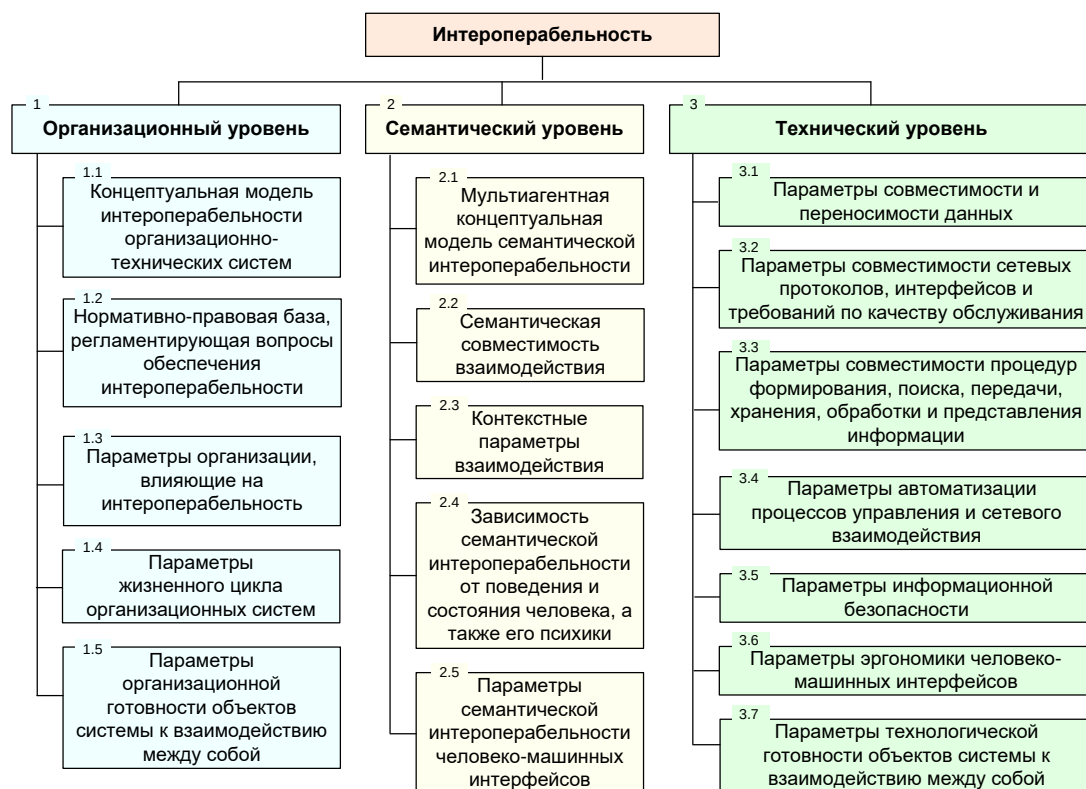


Рис. 1.12. Вариант расширенной отечественной модели интероперабельности

1.2.6.4. Направление развития отечественного подхода за счет адаптации NIF-модели к эталонной модели интероперабельности

Документ NIF [57] 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.

В документе NIF представлена модель интероперабельности для сетецентрической 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).

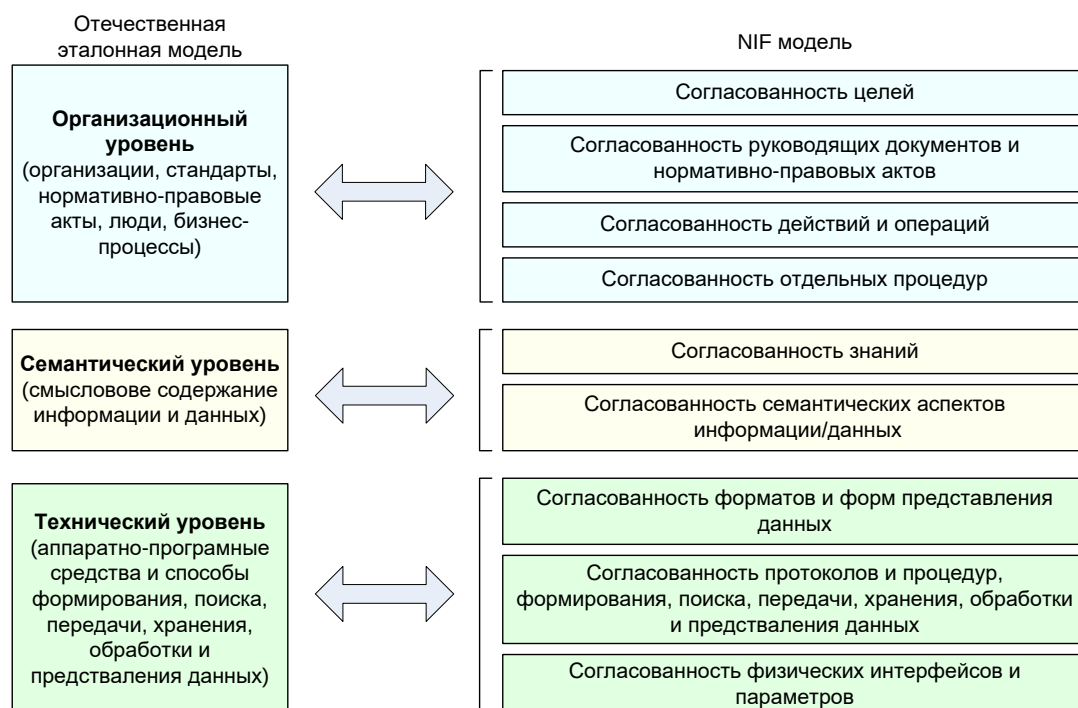


Рис. 1.13. Соответствие NIF-модели интероперабельности сетецентрической ОТС отечественной эталонной модели

Наличие такого расщепления, позволяет говорить о возможности интеграции NIF-модели в состав расширенной модели интероперабельности. Это, в принципе, соответствует положению о возможности создания на базе отечественной эталонной модели единого подхода к формализации свойства интероперабельности. Вариант, каким образом положения NIF-модели могут быть ис-

пользованы, 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 представленной на рис. 1.14, а в дальнейшем – разработка полностью отечественного руководства обеспечения интероперабельности на основе российских принципов, образцов, шаблонов и ИКТ-стандартов.

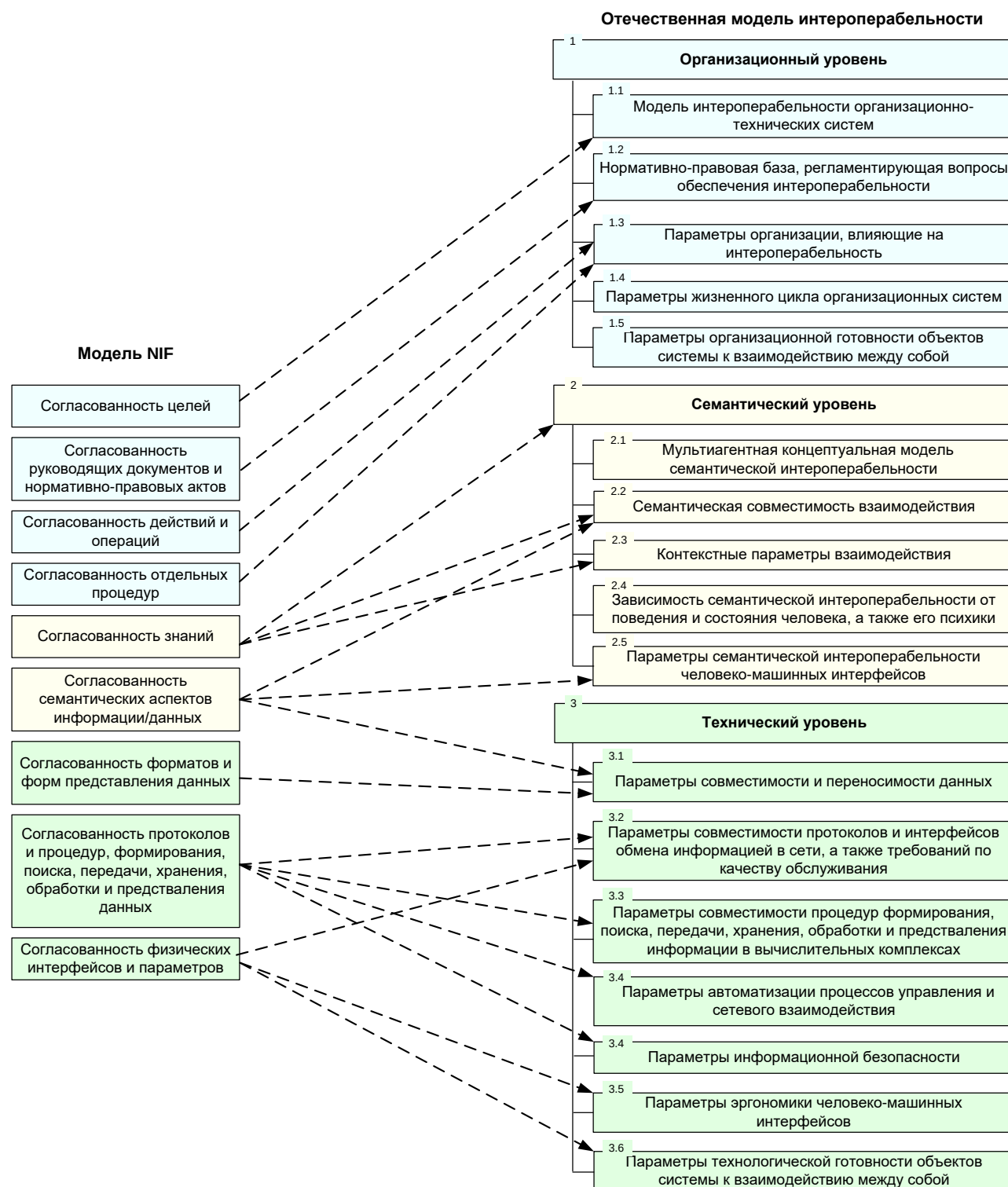


Рис. 1.14. Адаптация NIF-модели к отечественной модели интероперабельности

1.3. Роль и место интероперабельности ЧМИ в составе общей интероперабельности ОТС

1.3.1. Основные термины и понятия

Под современными ОТС могут пониматься системы различного масштаба и назначения: 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.

В общем случае ОТС можно дать следующее определение.

Организационно-техническая система – множество взаимосвязанных технических средств и пользователей, организованных и функционирующих для достижения одной или нескольких поставленных целей.

Таким образом, ОТС состоит из 2-ух больших подсистем:

- 1) организационной, включающей в себя операторов ТС, обсуживающий персонал, ЛПР в составе органов управления;
- 2) технической, включающей в себя технические средства, аппаратуру, аппаратно-программные комплексы, механические и робототехнические изделия.

При этом между объектами ОТС, входящими как в организационную, так и в техническую подсистемы организуется взаимодействие путем обмена информацией через соответствующие интерфейсы.

Интерфейс – совокупность средств и правил взаимодействия отдельных систем и объектов.

Взаимодействие – процессы воздействия различных систем и объектов друг на друга посредством обмена информацией.

Информация – сведения, независимо от формы их представления, относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определенном контексте имеют конкретный смысл и интерпретацию.

Таким образом, интерфейсы являются связующими звеньями, обеспечивающими взаимодействие всех объектов ОТС посредством обмена информацией. Важными составляющими понятия «информация» являются понятия «контекст», «смысл» и «данные».

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.

В обобщенном виде можно записать: «информация» = «данные» + «смысл».

Смысл – сущность, внутреннее 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; интер-

претации, обусловленной особенностями восприятия конкретной личности или общества.

Данные – поддающееся многократной интерпретации представление информации в формализованной знаково-символьной форме, пригодной для сбора, хранения, передачи, обработки или представления в информационных системах.

Интерпретация – раскрытие смысла информации, текста или знаковой структуры, способствующее их пониманию.

Некоторые специалисты используют термин «интерфейс» исключительно по отношению к взаимодействию технических объектов. В этом случае понятие «интерфейс» можно дать следующее определение.

Технический интерфейс – совокупность унифицированных технических, программных и конструктивных средств, реализующих взаимодействие различных функциональных элементов в технической системе, обеспечивающих информационную, электрическую и конструктивную совместимость этих элементов.

Человеко-машинный интерфейс – интерфейс, обеспечивающий передачу информации между человеком (пользователем) и техническим средством/системой (машиной).

Техническое средство – часть системы, предназначенная для выполнения определенной функции, построенная на основе принципов механики, автоматизации, электроники, программной инженерии или робототехники.

Техническая система – комбинация взаимодействующих устройств, механизмов, технических подсистем и средств, предназначенных для достижения одной или нескольких поставленных целей.

Пользователь – лицо или организация, которое использует техническую систему или средство для выполнения конкретных функций или достижения определенной цели.

Родственным для термина ЧМИ является понятие «человеко-машинное взаимодействие» под которым можно понимать следующее.

Человеко-машинное взаимодействие – процессы воздействия человека (пользователя) и технического средства/системы (машины) друг на друга посредством обмена информацией.

Важной особенностью ЧМИ является то что «прием» и «передача» информации к/от пользователя ведется по различным каналам восприятия.

Канал восприятия информации – путь получения информации человеком с использованием одного из своих органов чувств: зрения, слуха, осязания, вкуса или обоняния.

Восприятие – это психический процесс, заключающийся в целостном отражении предметов и явлений, действующих в данный момент на органы чувств человека.

Современные ЧМИ предоставляют пользователю и принимают информацию от пользователя в основном по следующим каналам восприятия:

- визуальный (зрительный) канал;
- слуховой (вербальный, речевой, голосовой) канал;
- тактильный канал.

При этом отметим, что если при представлении пользователю информации, ведущую роль играет визуальный канал (считывание взглядом показаний приборов, датчиков, изображений на экране и проч.), то при вводе информации пользователем в ТС, основную роль играет тактильный канал (нажатие кнопок, управление рычажными устройствами, манипуляторами типа «мышь», переключение регуляторов и т.д.).

1.3.2. Важность и актуальность исследований вопросов качества ЧМИ для обеспечения интероперабельности ОТС

Рассматривая публикации, посвященные различным аспектам обеспечения интероперабельности в ОТС [12-40], нужно отметить, что подавляющая часть работ в этой области посвящена вопросам, прежде всего, технической, и во вторую очередь, организационной интероперабельности. В них рассматриваются: совместимости форматов данных, процедур формирования и обработки данных; единые протоколы и интерфейсы передачи данных; разработка единых протоколов, стандартов и процедур для проектируемых и сопрягаемых информационных ОТС и т.д. Вместе с тем, в больших информационных ОТС человеческий компонент играет чрезвычайно важную роль. Именно на них – ЛПР в составе органов управления, пользователей информационных подсистем, операторов ТС, возлагается задача оценки и контроля правильности функционирования технических объектов ОТС, ввода управляющих воздействий, контроля результативности и эффективности достижения общей цели функционирования всей системы.

Именно ЧМИ является основным связующим звеном между совокупностью технических аппаратно-программных объектов ОТС и ее организационной частью – пользователями системы. 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, пользователи – 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 технических средств, обеспечить в сжатые сроки высокоскоростную многопараметрическую обработку динамически меняющейся информации, поступающей по различным каналам. С учетом этого, резко возрастает требования к качеству 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 средствам ОТС или подчинённым подразделениям.

Качество ЧМИ и его влияние на общую эффективность всей ОТС изучает наука эргономика.

Эргономика – это 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 [41].

Именно на основе синтеза основных положений эргономики и интероперабельности информационных систем необходимо формирование теоретического базиса обеспечения интероперабельности ЧМИ.

1.3.3. Вопросы качества ЧМИ в составе зарубежных и отечественных моделях интероперабельности

Важность и актуальность рассмотрения частных вопросов интероперабельности ЧМИ для обеспечения общей интероперабельности ОТС подтверждается указанием на этот аспект во всех основных моделях интероперабельности.

В SCOPE-модели, вопросы интероперабельности ЧМИ указаны в следующих пунктах модели (рис. 1.5):

- 4.5. Параметры сложности разработки и эргономичности человеко-машинных интерфейсов (основной раздел SCOPE-модели, формализующий вопросы качества ЧМИ);
- 1.2.1. Параметры автоматизации, определяющие степень участия человека-оператора (описывает автоматизацию работы ОТС, минимизации трудоемкости и повышения эффективности действий пользователей при управлении целевыми процессами);
- 2.5.3. Зависимость семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики (описывает различные аспекты интерпретации пользователем смысла поступающей информации, в зависимости от его психического состояния, загрузки, контекста и проч.).

В NIF-модели, вопросы интероперабельности ЧМИ указаны в следующих пунктах модели (рис. 1.8):

- согласованность руководящих документов и нормативно-правовых актов (применительно к вопросам стандартизации и унификации ЧМИ);
- согласованность действий и процедур (применительно к действиям пользователей и процедурам их работы с ЧМИ);
- согласованность семантических аспектов информации/данных (применительно единообразной интерпретации смысла представляемой пользователю информации, а также смысла его действий при работе с ЧМИ);
- согласованность протоколов и процедур, формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления данных (применительно к представлению данных пользователю посредством ЧМИ);

- согласованность физических интерфейсов и параметров (применительно к вопросам стандартизации и унификации внешнего вида и конструктивной реализации ЧМИ).

Рассматривая отечественную расширенную модель интероперабельности, с учетом интеграции в нее SCOPE- и NIF- моделей (рис. 1.11 и 1.14), отметим, что вопросы обеспечения интероперабельности ЧМИ в ней оказываются декомпозированы по различным уровням модели: организационном, семантическом, техническом (рис. 1.15).

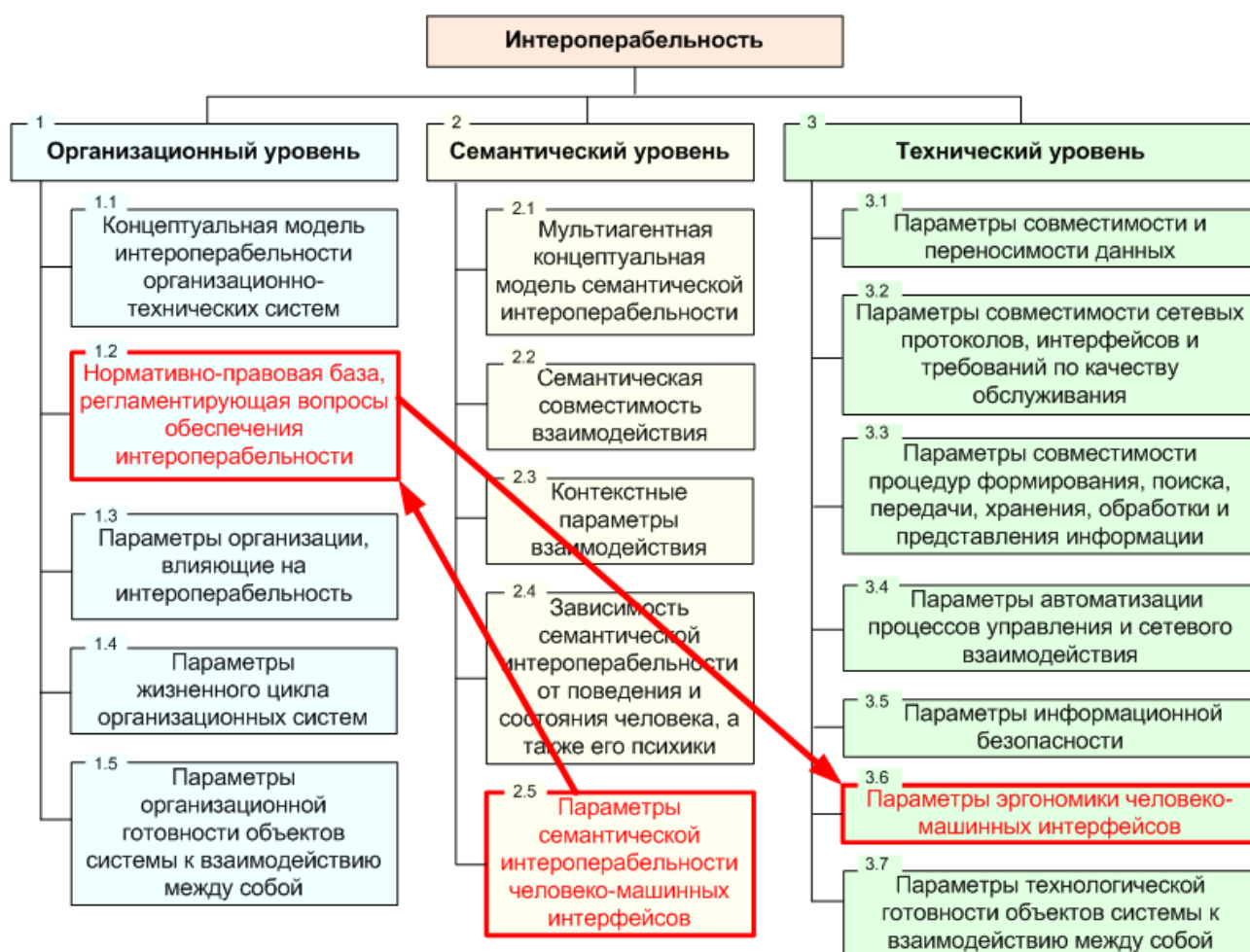


Рис. 1.15. Декомпозиция вопросов обеспечения интероперабельности ЧМИ по организационному, семантическому и техническому уровням

Анализируя такую декомпозицию интероперабельности ЧМИ отметим следующее. Первоосновой интероперабельности ЧМИ являются ее семантические аспекты. Именно они определяют то, насколько пользователь ясно понимает смысл и содержание (семантику) как предоставляемой ему информации, так и своих действий при работе с ТС. Только определив эти аспекты, выявив связь психических особенностей пользователя, особенностей каналов восприятия информации человеком, влияющих на интерпретацию поступающей к нему информации и эффективность его действий, с основными категориями качества информации – ценностью, актуальностью, достоверностью, полнотой и др. можно переходить к формированию основных требований к ЧМИ как к сред-

ствам и способам передачи информации. Именно на основе этих требований формируются стандарты, документы и рекомендации, регламентирующие построение ЧМИ, которые соответствуют организационному уровню интероперабельности. Конкретная физическая реализация, конструктив ЧМИ, физическое взаимодействие с ним пользователя, в соответствии со стандартами организационного уровня, – эти особенности определяются на техническом уровне интероперабельности (рис. 1.16).

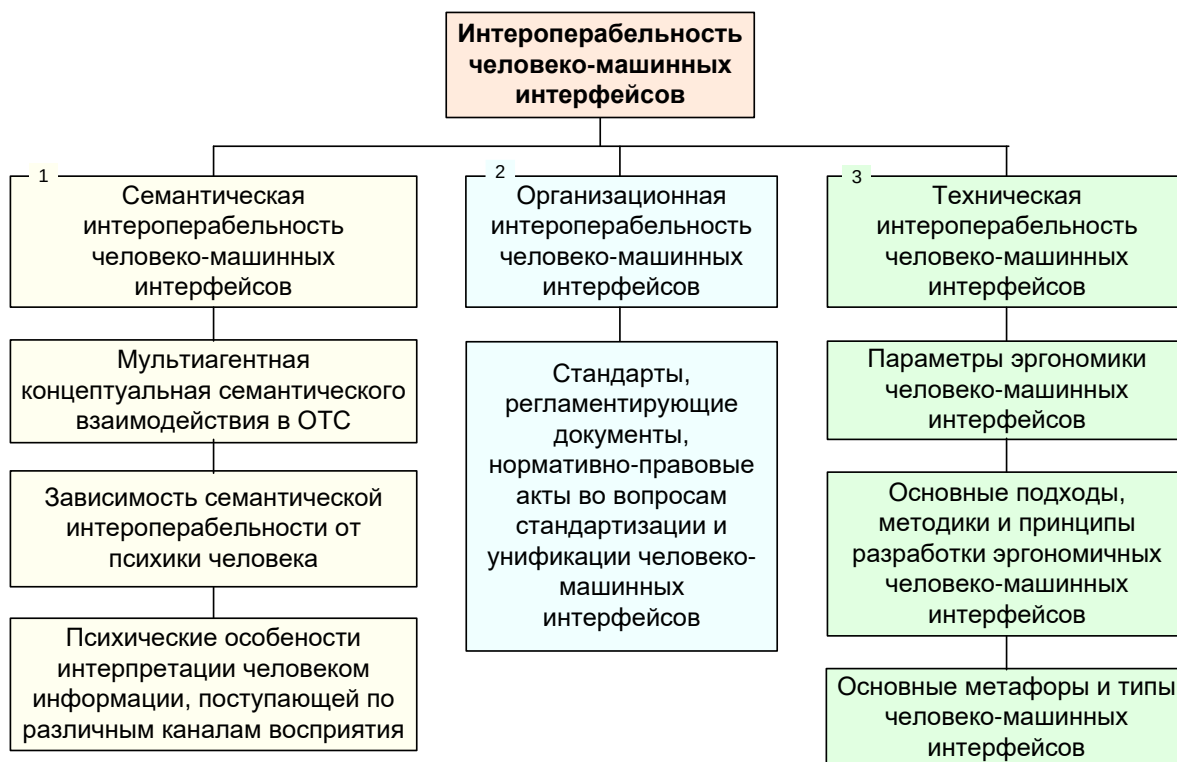


Рис. 1.16. Основные параметры ЧМИ, рассматриваемые на различных уровнях интероперабельности

С учетом вышесказанного, рассмотрение вопросов интероперабельности ЧМИ в данной работе будет декомпозировано следующим образом:

- семантическая интероперабельность ЧМИ;
- организационная интероперабельность ЧМИ;
- техническая интероперабельность ЧМИ.

Рассмотрению каждой составной части интероперабельности будет посвящена соответствующая глава.

2. Семантическая интероперабельность ЧМИ

Семантическая интероперабельность – способность взаимодействующих систем одинаковым образом интерпретировать смысл информации, которой они обмениваются [40].

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 ЧМИ в контур управления ОТС различного назначения. С использованием качественных эргономичных ЧМИ пользователь должен интуитивно интерпретировать смысл всей поступающей к нему информации, а ЛПР сможет «вживаться» в управляемую среду посредством анализа сообщений ЧМИ. Именно на семантическом уровне ЧМИ должны обеспечить компиляцию смысла большого количества информации, поступающей от различных источников в ОТС, представить информацию таким образом, чтобы пользователь мог верно интерпретировать и оценить обстановку, а также предпринять адекватные действия. С усложнением ОТС и управляемых процессов значимость уровня интероперабельности в отношении ЧМИ будет возрастать, поскольку именно на нём формализуются процессы компиляции и обработки смысла информации, преобразования её в знания и обмен этими знаниями посредством ЧМИ как между различными пользователями, так и между пользователями и ТС, входящими в состав ОТС.

Необходимо отметить, что в настоящее время уже известны исследования по вопросам семантической интероперабельности, например работы [61-64], однако работы по вопросам семантической интероперабельности ЧМИ практически отсутствуют. В связи с этим проведение исследований в этой области представляется весьма актуальным. В основу материала данной главы положено обобщение более ранних работ автора [1, 3-5], посвященных как общим вопросам семантической интероперабельности, так и частным вопросам семантической интероперабельности ЧМИ.

Материал данной главы организован следующим образом:

- представлена мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС, представляющая собой краткое обобщение работ [3-5, 8], с целью введения читателя в проблематику семантической интероперабельности ОТС и в принципы взаимодействия агентов в ОТС, в целом, а также указания на отдельные ее аспекты, которые имеют важное значение для рассмотрения семантической интероперабельности ЧМИ;
- обобщены основные проблемные вопросы обеспечения семантической интероперабельности при использовании ЧМИ;
- рассмотрены основные особенности семантического взаимодействия пользователя с ЧМИ;
- описаны основные факторы, влияющие на эффективность семантического взаимодействия пользователей с ЧМИ: каналы восприятия ин-

- формации человеком; эффекторы ввода/вывода информации; характеристики памяти и двигательных функций человека, а также психические особенности пользователей и их состояние;
- сформированы основные требования, предъявляемые к информации, передаваемой посредством ЧМИ, а также специализированные требования к ЧМИ управляющих и ЧМИ информационных систем.

2.1. Мультиагентная концептуальная модель семантической интероперабельности ОТС

2.1.1. Классификация агентов в ОТС

Для описания взаимодействия объектов ОТС на семантическом уровне интероперабельности, используем мультиагентный подход [3, 8], 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 типов 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.

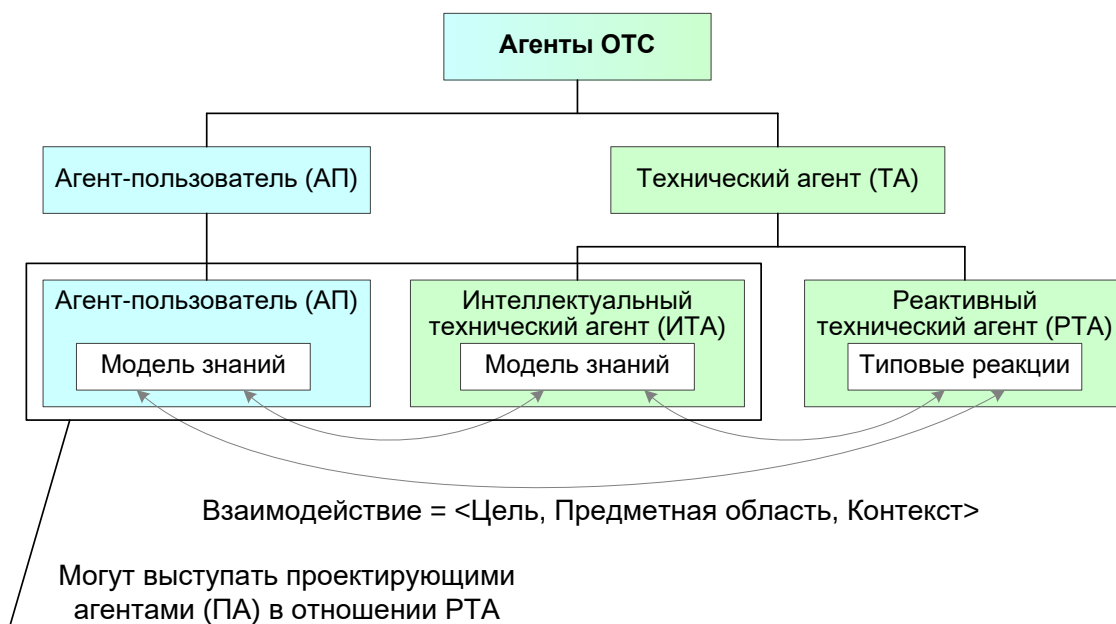


Рис. 2.1. Классификация агентов в модели семантической интероперабельности ОТС

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 средство 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.

2.1.2. Общая схема семантического взаимодействия агентов в ОТС

Схема семантического взаимодействия агентов на семантическом уровне интероперабельности, представлена на рис. 2.2. 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.

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;
- целью взаимодействия;
- предметной областью взаимодействия;
- контекстом взаимодействия.

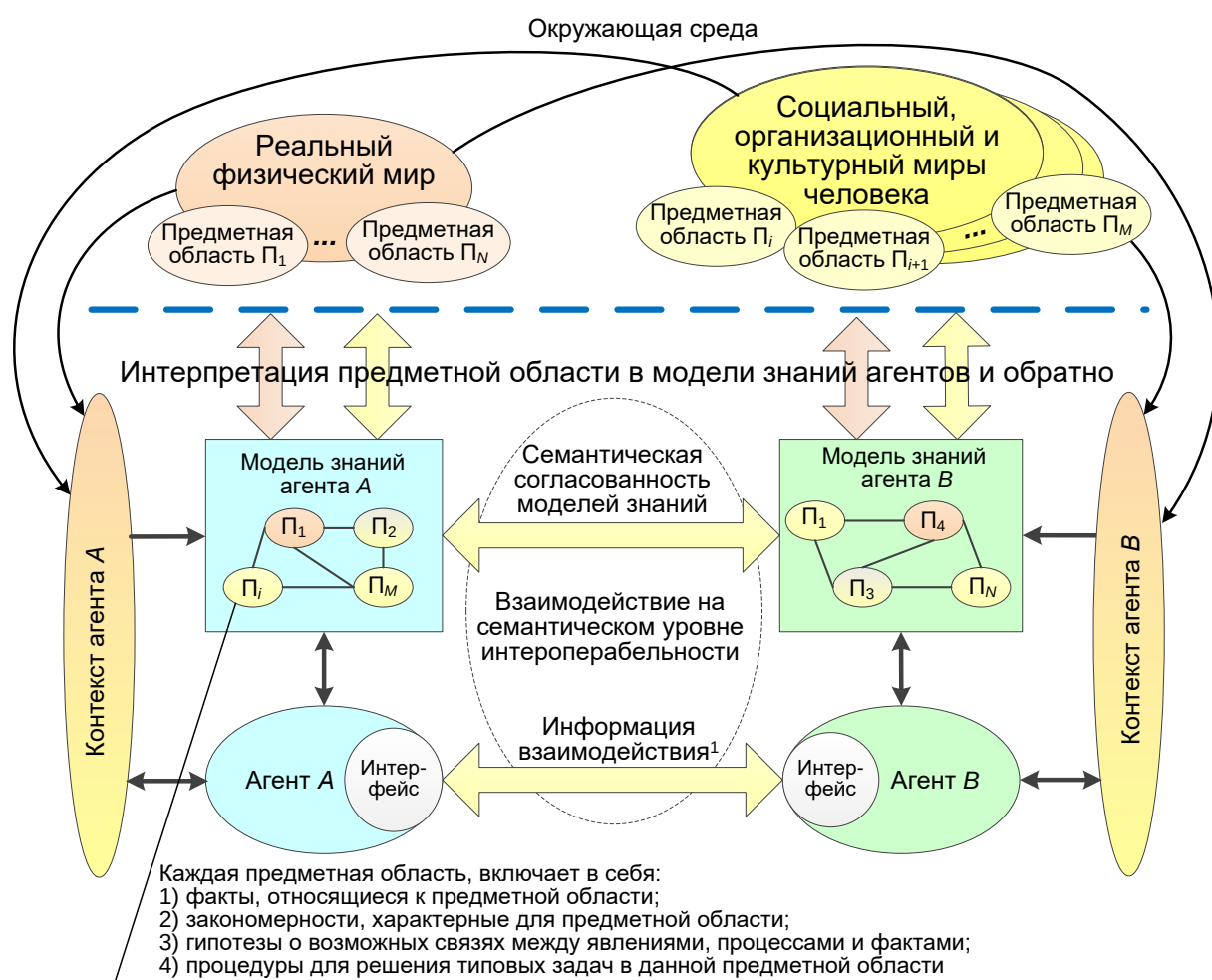


Рис. 2.2. Схема, семантического взаимодействия агентов

в рамках семантического уровня интероперабельности ОТС

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

2) Каждый АП при взаимодействии с другими АП представляет информацию взаимодействия либо в вербальной форме (речь), либо в знаково-символьной форме (данные), понятной другим людям. При этом само взаимодействие может происходить либо в режиме непосредственного личного обще-

ния, либо в режиме взаимодействия через технические средства передачи информации, обладающих соответствующим ЧМИ.

3) При взаимодействии АП с ТА, информация взаимодействия, в подавляющем большинстве случаев, представляется только в виде данных, при этом само взаимодействие осуществляется через ЧМИ ТА.

4) 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.

4) 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.

5) 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.

6) Контекст взаимодействия, обеспечивает оценку ситуации в плане применения и релевантности знаний конкретной предметной области для определённой 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.

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

Взаимодействие = <Цель, Предметная область, Контекст>.

8) Дополнительно ТА могут быть классифицированы как ИТА или РТА. Каждый из этих типов агентов обладает различными исходными возможностями для обработки информации взаимодействия в виде тройки <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).

В рамках схемы, представленной на рис. 2.2, можно выделить основные параметры, определяющие взаимодействие агентов. Эти основные параметры и их возможные значения представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – 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 изменчивы; 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 тройкой параметров <Цель, Предметная область, Контекст> предполагает одновременного достижения:

- 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.

2.1.3. Межагентное взаимодействие: семантика взаимодействия, типы взаимодействия, основные особенности

2.1.3.1. Основные особенности семантического взаимодействия агентов 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. 2.1.4.1.

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 – предопределенные 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.

В работе [8] показано, что в общем случае взаимодействие между агентами на семантическом уровне интероперабельности может быть описано совокупностью трех основных элементов:

Взаимодействие = <Цель, Предметная область, Контекст>.

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

- моделью знаний агента (для АП и ИТА);
- целью взаимодействия;
- 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. 2.3).

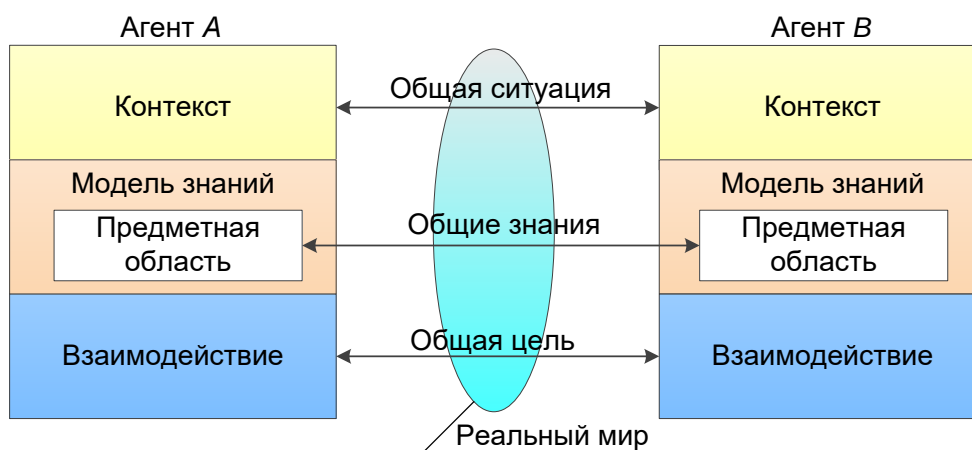


Рис. 2.3. Взаимно-согласованная семантическая интерпретация взаимодействия агентами

Если взаимодействующие агенты имеют различия в их моделях знаний или различия в интерпретации 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.

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, содержащие 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 сообщений 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 (цели, предметной области, контекста), а также параметров агентов (их моделей знаний), можно классифицировать следующим образом по мере убывания степени семантической интероперабельности взаимодействия – таблица 2.2.

Таблица 2.2 – 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

2.1.3.2. Модель знаний агента

Модель знаний агента – структура логически и семантически взаимосвязанных знаний об одной или нескольких взаимосвязанных предметных областях, включающая в себя (рис. 2.4):

- 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.

Модель знаний присутствует в агентах типа АП и ИТА, а в агентах типа РТА – отсутствует.

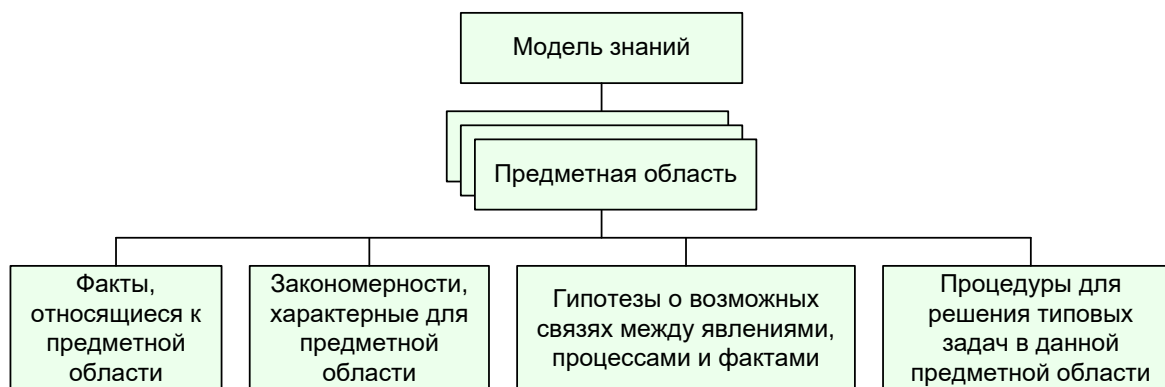


Рис. 2.4. Структура модели знаний агента

Знания о реальном физическом и социальном мире, представленные в виде совокупности подмножеств предметных областей, можно разделить на (рис. 2.5):

- *явные знания* – знания, которые могут быть представлены в виде какой-либо формализованной модели знаний, которые относительно легко могут быть переданы 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.

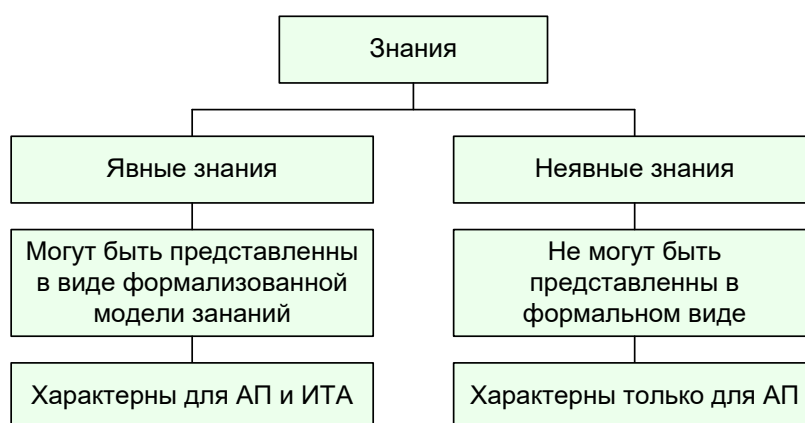


Рис. 2.5. Явные и неявные знания

Предметные области в модели знаний характеризуются индивидуальным набором понятий, законов, фактов, объектов и связей между ними. В общем случае знания, содержащиеся в модели знаний, могут быть двух видов [65]:

- *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.

Модель знаний ИТА может быть моделью одного типа или комбинацией нескольких типов (рис. 2.6) [65]:

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

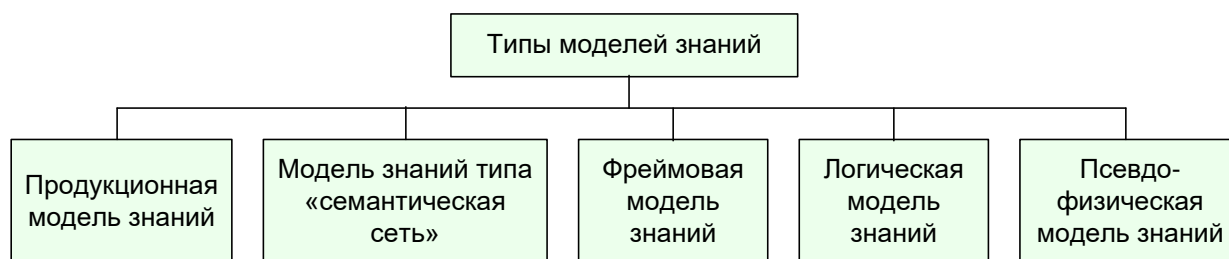


Рис. 2.6. Типы модели знаний ИТА

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 [65].

Модель знаний типа «семантическая сеть» представляет собой ориентированный граф, где вершинам соответствуют конкретные объекты предметной области, а дугам – отношения между ними [65].

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 [65].

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 [65].

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 [65].

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 виде онтологий и метаданных.

2.1.3.2. Цель взаимодействия

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 2.3.

Таблица 2.3 – 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 поделиться своими знаниями об складывающейся ситуации, окружающем мире, действиях других агентов
Призыв к действию	Агент запрашивает другого агента совершить какое-либо действие

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»

2.1.3.3. Предметная область

Данный атрибут соответствует передаче основной информации взаимодействия, при этом используемые понятия и термины должны находиться в общей для взаимодействующих агентов предметной области.

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 оказывает лингвистическая совместимость. Более подробно лингвистическая совместимость, ее роль и особенности при обеспечении семантической интероперабельности будут рассмотрены в п. 2.1.4.1.

2.1.3.4. Контекст взаимодействия

Под *контекстом* понимаются обстоятельства, от которых зависит восприятие информации; совокупность фактов и обстоятельств, в окружении кото-

рых 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. 2.7):

- *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.

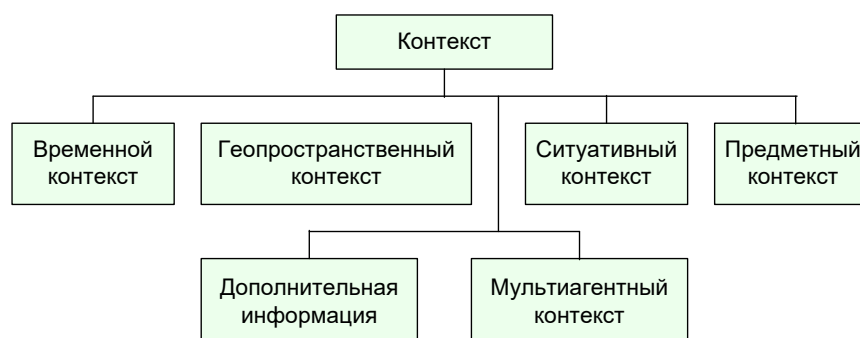


Рис. 2.7. Типы контекста

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 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 достижении общей цели.

Ситуативный контекст, позволяя 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 самоорганизовываться агентам, 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 [8]. 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 использова-

ние 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 [8] 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.

2.1.4. Дополнительные особенности, влияющие на семантическую интероперабельность взаимодействия агентов

2.1.4.1. Лингвистическая совместимость взаимодействия агентов-пользователей

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 и назначения. Следовательно, семантика, или интерпретация выражений 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.

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.

В связи с вышеуказанным, во избежание неверной интерпретации смысла сообщений, рекомендуется при семантическом взаимодействии АП – АП, перейти на формализованные формы (формуляры запрос/ответ) взаимодействия, по схеме:

<Цель, Предметная область, Контекст>.

Цель АП может быть связана с типом семантических интерпретаций, типичным для набора анализируемых семантических взаимодействий, например, запрос действия, обмен знаниями и т.д. Контекст может быть определен путем идентификации сообщества интересов, в то время как предметная область может быть связана с различными областями знаний для конкретной роли АП или его задачи в рамках сообщества интересов.

2.1.4.2. Особенности использования терминов, понятий и знаний в специализированных предметных областях

Этот аспект определяет насколько та или иная 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 отдель-

ных 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 являются членом этого сообщества. Эти две противоположные тенденции (рис. 2.8), 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.

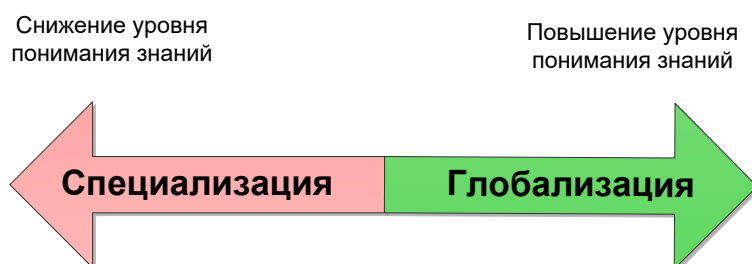


Рис. 2.8. Процессы глобализации и специализации знаний

Крупные значимые сообщества должны тратить дополнительные ресурсы на то, чтобы их специализированные знания могли быть выражены в форме, доступной для понимания и интерпретации другим 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.



Рис. 2.9. Уровни специализированности знаний

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. 2.9):

- 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).

2.1.4.3. Особенности вербального (речевого) взаимодействия агентов-пользователей

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. 2.10):

- *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.

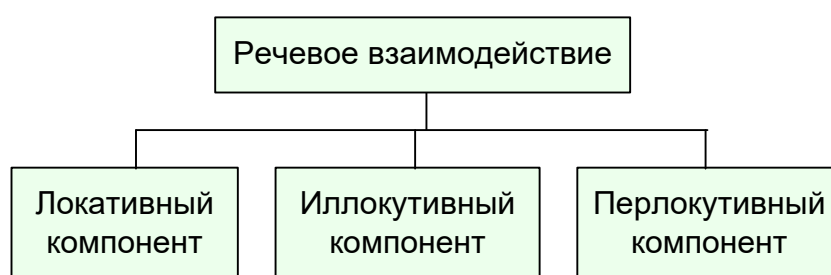


Рис. 2.10. Составляющие речевого взаимодействия

Обычно в технических и человеко-машинных системах типы речевых выражений используются там, где необходимо сигнализировать человеку-оператору о тех или иных ситуациях, требующих его внимания или принятия решения.

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.

2.1.5. Типы семантического взаимодействия агентов-пользователей ОТС, с использованием ЧМИ

Применительно к дальнейшему рассмотрению особенностей ЧМИ из всего вышеуказанного многообразия взаимодействия агентов различного типа (АП, ИТА, РТА), целесообразно выделить следующие типы взаимодействий между агентами (рис. 2.11):

1. взаимодействие АП – АП:

- 1.1. непосредственное личное взаимодействие АП – АП (без использования ЧМИ);

- 1.2. взаимодействие АП – АП с использованием ЧМИ технических средств передачи информации, т.е. фактически взаимодействие типа АП – ЧМИ – ТА – ТА – ЧМИ – АП;
2. взаимодействие АП – ТА:
 - 2.1. взаимодействие АП – ЧМИ – ИТА;
 - 2.2. взаимодействие АП – ЧМИ – РТА.

Непосредственное личное взаимодействие АП – АП (блок 1.1 на рис. 2.11) происходит без использования ЧМИ и далее не рассматривается. Отдельные особенности такого типа взаимодействия в вербальной (речевой) форме рассмотрены в п. 2.1.4.3.

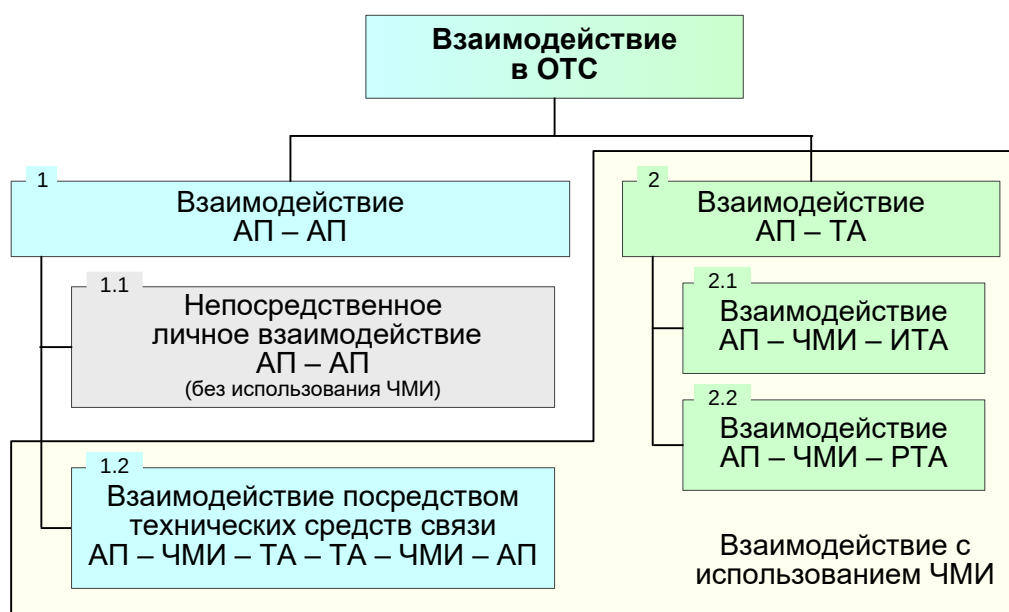


Рис. 2.11. Типы взаимодействия с использованием ЧМИ

Особенностью остальных типов взаимодействия: АП – ЧМИ – ТА – ТА – ЧМИ – АП (блок 1.2 на рис. 2.11), АП – ЧМИ – ИТА, АП – ЧМИ – РТА, является следующее. Взаимодействие АП с вышеуказанными указанными типами ТА осуществляется через ЧМИ посредством использования одного или нескольких каналов восприятия человека:

- визуального (зрительного) канала – используются ЧМИ передачи визуальных образов;
- слухового канала – используются ЧМИ передачи/приема звуковых и речевых сообщений;
- тактильного канала – используются ЧМИ на основе совокупности клавиш набора команд, манипуляторов, рычагов, кнопок, переключателей и других механических устройств.

Эти каналы восприятия информации используются в режиме передачи исключительно явной информации, при этом ограничивается передача неявной и контекстной информации (эмоционального окраса сообщений, опыта пользователей и др.).

В целом, здесь завершается рассмотрение особенностей взаимодействия АП – АП и АП – ТА, в формализме мультиагентной модели. Далее эти взаимодействия будут рассматриваться применительно к взаимодействию «пользователь – пользователь» и «пользователь – ТС» с углубленным рассмотрением вопросов роли и особенностей использования ЧМИ при таком взаимодействии.

2.2. Проблемные вопросы организации семантического взаимодействия с использованием ЧМИ

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

В целом, семантическое взаимодействие между пользователями, или, в терминах мультиагентной модели – АП, как показано в п. 2.1.2 и 2.1.3 может быть представлено в виде тройки:

Взаимодействие = <Цель, Предметная область, Контекст>.

При непосредственном взаимодействии пользователей на особенности интерпретации цели взаимодействия, терминов предметных областей и контекста влияют, среди прочего, психологические и социально-культурные особенности взаимодействующих пользователей, что подробно рассмотрено в работе [5]. Однако, в практике современных ОТС, очень часто пользователи взаимодействуют не непосредственно, а посредством технических средств связи: средств голосовой и видео-связи, программ отправки сообщений (типа email, sms или ICQ), через пользовательский интерфейс (ПИ) программного обеспечения (ПО) компьютерных систем и т.д. (рис. 2.12). При этом технические средства связи, используемые для взаимодействия между пользователями, обладают различными ЧМИ, качество которого влияет на интерпретацию смысла сообщений, которыми обмениваются через него АП.

В целом можно сделать вывод, что на достижение семантической интероперабельности обусловлена необходимостью максимизировать объем явной информации и минимизировать объем неявной информации, одновременно с проведением мероприятий по 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.

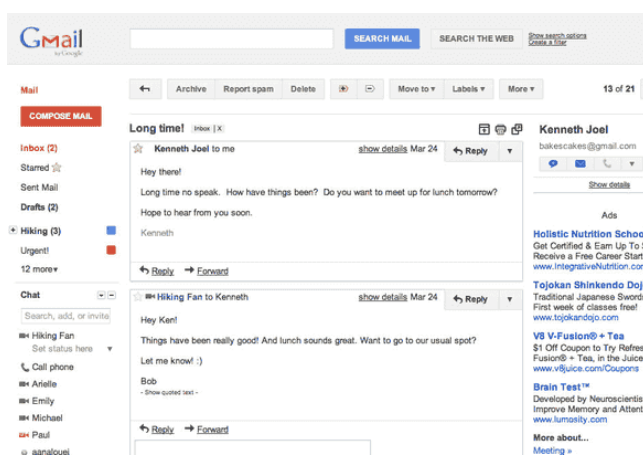
Неявная информация – информация, которую сложно представить в какой-либо знаково-символьной, визуальной или вербальной форме, позволяющей относительно легко интерпретировать ее смысл. К неявной информации может относиться информация о психологическом и эмоциональном состоянии; о национальных, культурных,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



а) терминал голосовой радиосвязи



б) терминал видео-связи



в) ЧМИ ПО для обмена e-mail



г) ЧМИ ПО для обмена короткими сообщениями



д) ЧМИ ПО для проведения видеоконференций

Рис. 2.12. Различные современные ЧМИ технических средств связи, обеспечивающих взаимодействие между пользователями в ОТС

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. 2.13).

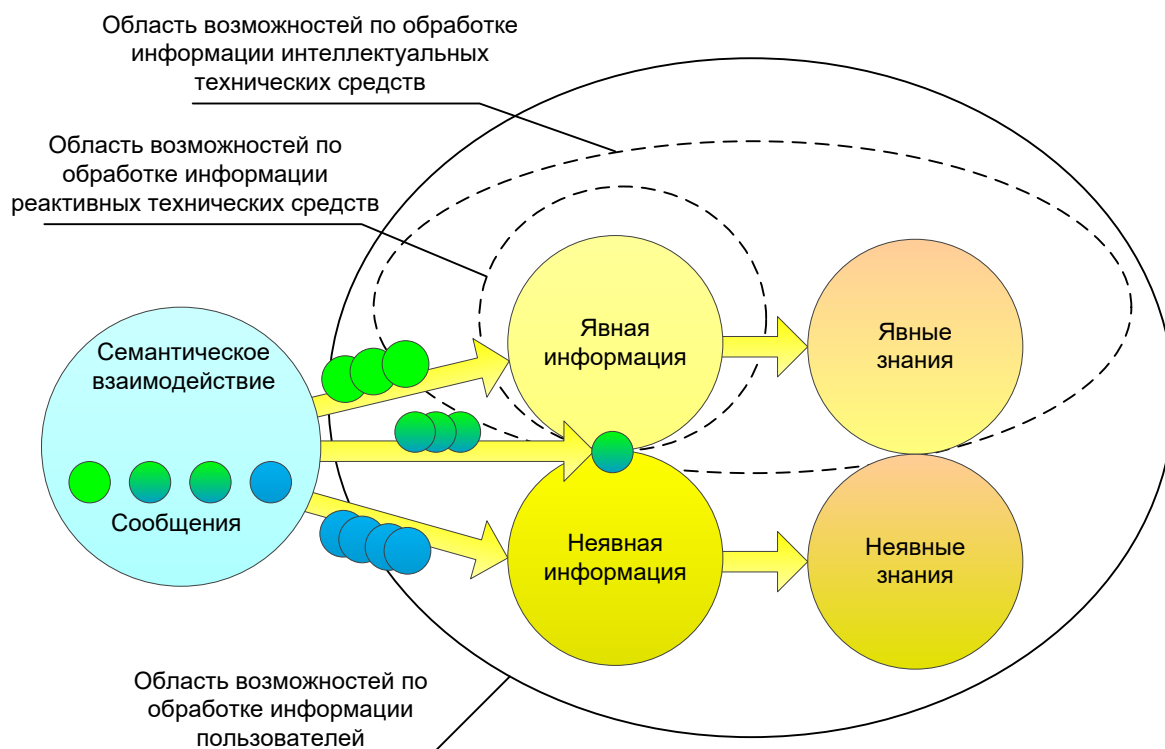


Рис. 2.13. Связь между семантическим взаимодействием, неявной и явной информацией, неявными и явными знаниями, а также возможностями пользователей и ТС по обработке информации

Рассматривая в составе ОТС взаимодействие пользователей и ТС, 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 «пользователь – ТС». Суть этих проблем, представленных на рис. 2.14, заключается в следующем:

1) невозможно посредством ТС передать неявные знания пользователя. Таким образом, взаимодействие пользователей посредством ТС, накладывает барьеры на передачу информации, соответствующей неявным знаниям. Большая часть такой информации соответствует таким психологическим и социально-культурным аспектам семантического взаимодействия как [5]:

- чувства и эмоции взаимодействующих людей;
- культурный, нравственный и религиозный контекст;
- различие пользователей в уровне образования, в интеллектуальных способностях, личном опыте;
- различие пользователей по их возможностям правильной лингвистической интерпретации сообщений на различных языках;

- различие пользователей в интерпретации сарказма, скрытого смысла, юмора и т.д.

Как правило, вся эта неявная информация теряется при взаимодействии пользователем посредством ТС.

2) невозможность формализовать неявные знания людей и передать их интеллектуальным ТС в форме какой-либо формальной модели знаний. То же самое относится и к неявной информации.



Рис. 2.14. Проблемы в передаче неявных знаний, посредством ТС

Преодоление вышеуказанных проблем сводится к следующему:

- 1) формирование «многоканальных» (мультимодальных) ЧМИ в процессах взаимодействия «пользователь – ЧМИ – ТС – ... – ТС – ЧМИ – пользователь», с передачей между людьми информации одновременно по различным каналам восприятия (визуальному, вербальному (речевому) и тактильному);
- 2) повышение эргономики ЧМИ в процессах взаимодействия «пользователь – ЧМИ – ТС – ... – ТС – ЧМИ – пользователь» и «пользователь – ЧМИ – ТС», в части повышения качества передачи явной информации;
- 3) стандартизация ЧМИ посредством которых пользователь вводит/выводит информацию в/из ТС, а также правил межмашинного обмена, в соответствии с которыми ТС взаимодействуют между собой.

Формированию «многоканальных» ЧМИ соответствует тенденция повышения мультимодальности обмена информацией между людьми [70-73]. Так если в прошлом веке основным техническим каналом непосредственного взаимодействия между людьми был вербальный (речевой) канал, реализуемый посредством технических средств телефонной связи, то сейчас с распространением смартфонов и широкополосной связи – к нему добавился и визуальный ка-

нал, который, совместно с голосовым, позволяет осуществлять видео-звонки и проводить видео-конференции. Наличие визуального канала, позволяет дополнительно воспринимать такую неявную информацию как: эмоции человека, невербальные сигналы (поза, мимика) и т.д., которая позволяет более правильно интерпретировать смысл вербальной информации и отношение к ней взаимодействующих лиц. Более подробно основные каналы передачи информации посредством ЧМИ и их характеристики будут рассмотрены далее.

Повышение эргономики ЧМИ обеспечивает более высокие показатели полноты, актуальности и оперативности передачи информации при взаимодействии «пользователь – пользователь» через ТС, а также при получении и вводе информации при взаимодействии «пользователь – ТС».

Стандартизация ЧМИ обеспечивает единые правила формирования способов, средств, интерфейсов ЧМИ, а также единые протоколы взаимодействия ТС, обеспечивающих взаимодействие «пользователь – пользователь». К таким стандартам в области передачи видео-телефонной информации можно отнести, например, стандарты GSM и MPEG, в области электронного документооборота – группу стандартов ANSI ASC X12, в области интерактивного обмена мультимедийной информации через сеть Интернет – стандарты XML и HTML и т.д. Стандартизация позволяет сформировать типовые ЧМИ в которых обработка информации и представление ее человеку в виде текста, звука или визуального образа будет одинаковым, что обеспечит высокую вероятность правильной интерпретации смысла передаваемой информации различными людьми.

2.2.2. Проблемы создания ЧМИ для взаимодействия с интеллектуальными робототехническими системами

Отдельную проблему представляет задача формирования ЧМИ для управления робототехническими системами (РТС), которые представляют собой совокупность интеллектуальных технических систем с собственными моделями знаний и возможностями автономных действий. Примерами таких РТС могут служить системы различного назначения: беспилотные летательные аппараты, необитаемые подводные аппараты, наземные роботы, а также их группы (рой и стаи) и т.д. Проблематика взаимодействия и построения ЧМИ для взаимодействия «пользователь – РТС» довольно подробно рассмотрена в работах приведены в работах [74-81], здесь же рассмотрим основные сложности организации такого взаимодействия.

Помимо, обозначенной выше проблемы невозможности передачи неявной информации и формирования неявных моделей знаний, РТС свойственны и другие проблемы, которые связаны с постановкой задач и автономным управлением.

При управлении РТС, до последнего времени, зачастую использовалось либо прямое копирующее управление движениями робота или манипуляторов РТС [82-88], что неэффективно в условиях ограниченной информации, воспринимаемой человеком по тактильному обратному каналу.

Наиболее естественной и удобной формой взаимодействия пользователя с интеллектуальным РТС представляется прямой диалог оператора с РТС на язы-

ке, близком к естественному с использованием вербального (речевого) канала передачи информации [75]. Однако, при выполнении относительно простых действий для человека может быть удобнее и привычнее использовать копирующее управление или действия с использованием тактильного канала передачи информации. Но для обучения робота сложным манипуляционным операциям, может потребоваться демонстрация требуемых действий по управлению рабочим инструментом. Такая же демонстрация, так же может потребоваться и при обучении РТС действиям в сложной и заранее неопределенной среде [84, 86, 87]. При этом, для человека-учителя критическим является наличие обратной сенсорной связи по тактильному или зрительному каналу поступления информации. По обратному тактильному каналу могут передаваться сопротивление среды действиям манипулятора РТС, а по визуальному каналу – автоматически распознаваться и соответственным образом отмечаться опасные для ИТА/РТС объекты [77].

Во всех перечисленных случаях ЧМИ представляет собой сложную многоканальную подсистему, являющейся одним из основных в системе «человек – робот», в которой необходимо обеспечить взаимодействие и наилучшее согласование возможностей технической и биологической частей системы. Учет возможности РТС проявлять автономное активное поведение, способность не только выполнять команды человека, но и самостоятельно планировать свои действия, требует введения принципиально новых подходов в проектировании ЧМИ управления такими системами. Таким образом, речь идет уже не об использовании ЧМИ для управления роботом, а о формировании ЧМИ наилучшим образом обеспечивающем взаимодействие человека и робота, при этом именно робот должен выполнять основные действия в окружающей среде. Для этого, необходимо обеспечить: многоканальность (многомодальность) восприятия роботом информации о внешней среде (по визуальному, слуховому и тактильному каналам) и о собственном состоянии, дублирование этих каналов восприятия человеку-оператору; интеллектуальность планирования и принятия решений; высокую автономность действий, при отсутствии связи с человеком-оператором. Основной проблемой создания таких ЧМИ является организация взаимодействия и согласования возможностей технической (РТС) и биологической частей системы «человек – робот» с тем, чтобы обеспечить наибольшую эффективность системы в целом [77].

Отдельной, и пока не решенной до конца проблемой, является разработка ЧМИ для управления человеком-оператором не одним роботом, а многообъектовой РТС, состоящей из большого множества разнотипных роботов, в рамках решения единой задачи в реальном масштабе времени. С развитием и наращиванием количества управляемых объектов в стаях/роях/группах РТС проблема будет только усугубляться.

В соответствии с работой [77] ЧМИ управления РТС должна иметь три уровня управления:

- уровень целеуказания;
- уровень планирования;
- уровень исполнения.

Взаимодействие ИТА/РТС с человеком-оператором осуществляется как на уровне целеуказания, так и на уровне планирования.

На уровне целеуказания организован ЧМИ, позволяющий представлять информацию оператору в визуальной форме и в виде речевых сообщений с использованием лингвистических переменных, а также обеспечивать интерпретацию указаний оператора на естественном языке с использованием внутреннего проблемно-ориентированного языка, использующего те же лингвистические переменные [77].

Уровень планирования позволяет задать РТС общую программу автономных действий и освободить оператора от детального анализа текущей обстановки. На этом уровне реализуются интеллектуальные модули РТС, обеспечивающие выполнение действий в автоматическом режиме с использованием собственных сенсорных устройств. Существенным элементом на этом уровне является база знаний, которая содержит априорные сведения о возможностях и сценариях действий РТС и об элементарных операциях, которые могут быть выполнены РТС. Правила организации сложных сценариев действий также должны содержаться в базе знаний. Логика управления может быть формализована, например, в виде продукционных правил, которые определяют целесообразное поведение в зависимости от складывающейся реальной ситуации. Кроме того, база знаний должна содержать и сведения эргономического характера, определяющие возможности человека-оператора участвовать в процессе управления или необходимость его вмешательства в той или иной ситуации [77].

На нижнем уровне, уровне исполнения, реализуются способы и средства взаимодействия РТС с объектами внешнего физического мира [77].

2.2.3. Проблемы формирования интеллектуальных ЧМИ для взаимодействия с информационными системами обработки больших данных

Широкое распространение интеллектуальных систем, представляющих собой интеллектуальные ТС в составе современных ОТС, сформировало еще одну проблему. Объем и разнородность обрабатываемых данных, сложность алгоритмов обработки, нетривиальность получаемых результатов – все это поднимает проблемные вопросы, связанные с понятной и достоверной передачей информации от сложных ТС к человеку-оператору.

К сожалению, физиологические и психологические возможности человека по уяснению и интерпретации поступающей информации многократно уступают возможностям современных ТС по высокоскоростной ее обработке. В связи с этим на первое место выходит необходимость проектирования так называемых «интеллектуальных интерфейсов», которые бы адаптировали форму визуализируемой для человека информации, таким образом, чтобы представить ее в максимально наглядном и понятном для анализа или принятия решения виде. Проблематика создания таких «интеллектуальных интерфейсов» адаптивных к возможностям пользователя, а также операторов РТС достаточно подробно представлена в работах [89-91].

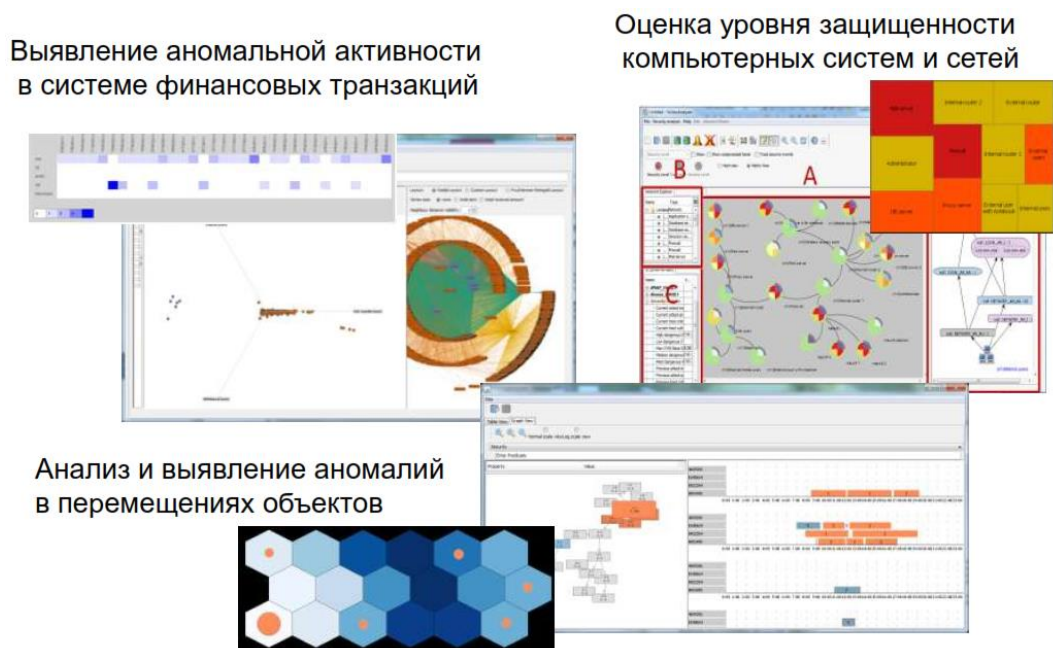


Рис. 2.15. Различные формы визуализации информации, адаптируемые к сути анализируемой информации [92-94]

В работах [92-94] представлены разработки такого интеллектуального интерфейса для систем обеспечения информационной безопасности. Показано, что различные типы зависимостей между контролируемыми процессами, развитие контролируемых процессов во времени и пространстве, количество одновременно контролируемых факторов – все это требует различных подходов к визуализации контролируемых процессов. При этом при выборе формы визуализируемой информации требуется учитывать психологические особенности человека, в ясности восприятии тех или иных визуальных форм. Эти особенности обсуждаются в работе [95].

С увеличением объемов перерабатываемой информации, с увеличением уровня интеллектуальности ТС, нетривиальности принимаемых ими решений (например, нейронными сетями), потребность в интеллектуализации ЧМИ будет возрастать. В противном случае человек попросту утратит возможность как-либо интерпретировать логику принятия решений и цельность сведений, поступающих от интеллектуальных ТС и систем обработки больших данных.

2.3. Основные особенности семантического взаимодействия пользователя с ЧМИ

2.3.1. Важность семантической интероперабельности ЧМИ при управлении техническими системами

Цель данного подраздела состоит в том, чтобы описать основные особенности ЧМИ, которые обеспечивают единое понимание смысла информации, которой обмениваются в направлениях «пользователь – пользователь» и «пользователь – ТС». Эти особенности не имеют отношения ни к тому, как мозг человека обрабатывает информацию, поступающую по различным сенсорным каналам, ни к теории лингвистики, ни к тому, как люди используют вербальные со-

общения для передачи информации при взаимодействии с другими людьми. Эти особенности связаны, главным образом, с тем, как технологические реализации ЧМИ и технические средства взаимодействия влияют на качество семантической интероперабельности – помогают или препятствуют правильной интерпретации смысла передаваемой информации.



Рис. 2.16. ЧМИ управления самолетом

Важность семантической интероперабельности ЧМИ можно подтвердить следующими фактами. При управлении воздушным судном на этапе предпосадочного снижения у командира судна частота переноса взгляда с прибора на прибор колеблется от 100 до 200 в мин. Длительность фиксации взгляда на каждом приборе составляет порядка 0,6 с. Для управления самолетом приходится совершать около 30 движений руками в мин. При этом пульс командира составляет около 150 ударов в минуту, а кровяное давление – 200 мм. рт. ст. [96]. Способность оперативно и точно интерпретировать смысл информации, поступающей от ЧМИ самолета (показания его приборов – рис. 2.16), определяют эффективность решаемой задачи, в данном случае – успешную посадку самолета.

ЧМИ является важным элементом сложных ОТС без учета особенностей которых успешное решение целевых задач просто невозможно. По имеющимся данным на долю ошибок человека-оператора (так называемого «человеческого фактора») сейчас приходится от 40 до 70% всех отказов сложных ОТС. Так в соответствии с мировой статистикой до 80% катастроф в авиации и до 64% на морском флоте происходят в результате человеческих ошибок, вызванных неправильно принятыми решениями. При этом весьма высока доля тех ошибок которые обусловлены неверной интерпретацией смысла информации, поступающей через ЧМИ, или неверного ввода команд посредством ЧМИ [96].

2.3.2. Переход от множества специализированных интерфейсов к универсальному ЧМИ

В середине XX в. большинство ТС имели свои собственные специализированные ЧМИ (рис. 2.17), которые предоставляли возможность взаимодействия с человеком по различным сенсорным каналам, строго определенным особенным образом, характерным только для этого средства (например: ЧМИ станка с числовым программным управлением (ЧПУ), ЧМИ рабочего места экскаватора, ЧМИ рабочего места судоводителя морского судна и т.д.). Имелись отдельные универсальные элементы ЧМИ (стрелочные указатели, кнопки отдельных операций, рычаги и переключатели), которые объединялись в составе ЧМИ соответственно функциям управления конкретным ТС.



а) ЧМИ станка с ЧПУ



б) ЧМИ судоводителя морского судна



в) ЧМИ рабочего места оператора экскаватора



г) ЧМИ рабочего места механика-водителя танка

Рис. 2.17. Специализированные ЧМИ

К концу XX в. ЧМИ эволюционировал и к настоящему времени для большинства ТС он предоставляет собой типовые визуальные элементы поль-

зовательского интерфейса (оконные формы) на экране, с которыми пользователь взаимодействует с помощью «мыши» и клавиатуры (рис. 2.18) [10].



Рис. 2.18. Вариант универсального ЧМИ на основе типовых визуальных элементов, отображаемых на экране, с которыми пользователь взаимодействует с помощью «мыши» и клавиатуры

Через экран человеку предоставляется информация либо в текстовой и визуальной форме, либо в виде необходимости выбора определенных альтернативных действий. После осуществления взаимодействия предоставляемая на экране информация изменяется, выводя новую информацию и формируя новый список функциональных возможностей для повторного выбора пользователем. Таким образом, подавляющее число современных ЧМИ представляет собой набор последовательных взаимодействий человека с актуальной визуальной информацией, которые позволяют пользователю уточнить свое намерение, а экран выводит визуализацию результатов действий пользователя.

Ограничения в визуализации той или иной информации, невозможность представления стратегии действий человека в виде конечной последовательности выбора из относительно небольшого числа альтернатив, трудности визуализации состояний сложных объектов и процессов, возможность передачи человеком управляющих и информационных сообщений только в виде ограниченного набора символов или в виде конечного числа механических переключателей, все это является существенным барьером для семантической интероперабельности при взаимодействии через ЧМИ.

2.3.3. Общая схема взаимодействия пользователя с технической системой посредством ЧМИ

В целом, информационное взаимодействие пользователя с ТС посредством ЧМИ может быть представлено следующим образом – рис. 2.19.

В силу своих физиологических особенностей, человек не может напрямую общаться с ТС, в результате требуется согласовать аппараты интерпретации информации о состоянии реальных процессов со стороны ТС и человека.

Для такой интерпретации используется ЧМИ, который посредством устройств индикации, с использованием визуальных, звуковых, тактильных и других каналов восприятия передает информацию человеку. Совокупность информации, отображаемой на устройствах индикации, формируют *динамическую информационную модель* – объективный образ реальных процессов, происходящих в ТС, представляемый в виде множества сигналов, несущих информацию пользователю. Эта модель постоянно изменяется в соответствии с изменениями, происходящими в реальных процессах ТС. Оператор принимает информацию при помощи рецепторов. Полученная информация обрабатывается в сознании человека в результате чего формируется *образно-концептуальная модель* – совокупность субъективных представлений пользователя о реальном и прогнозируемом состоянии реальных процессов в ТС, о целях и способах достижения цели своей деятельности. В соответствии с последними человек формирует решения, команды или определенные действия, которые он передает через ЧМИ в техническое средство чтобы обеспечить достижение цели своей деятельности. Ввод решений, команд или совершение определенных действий реализуется с помощью эффекторов, которые воздействуют на устройства ввода [96].

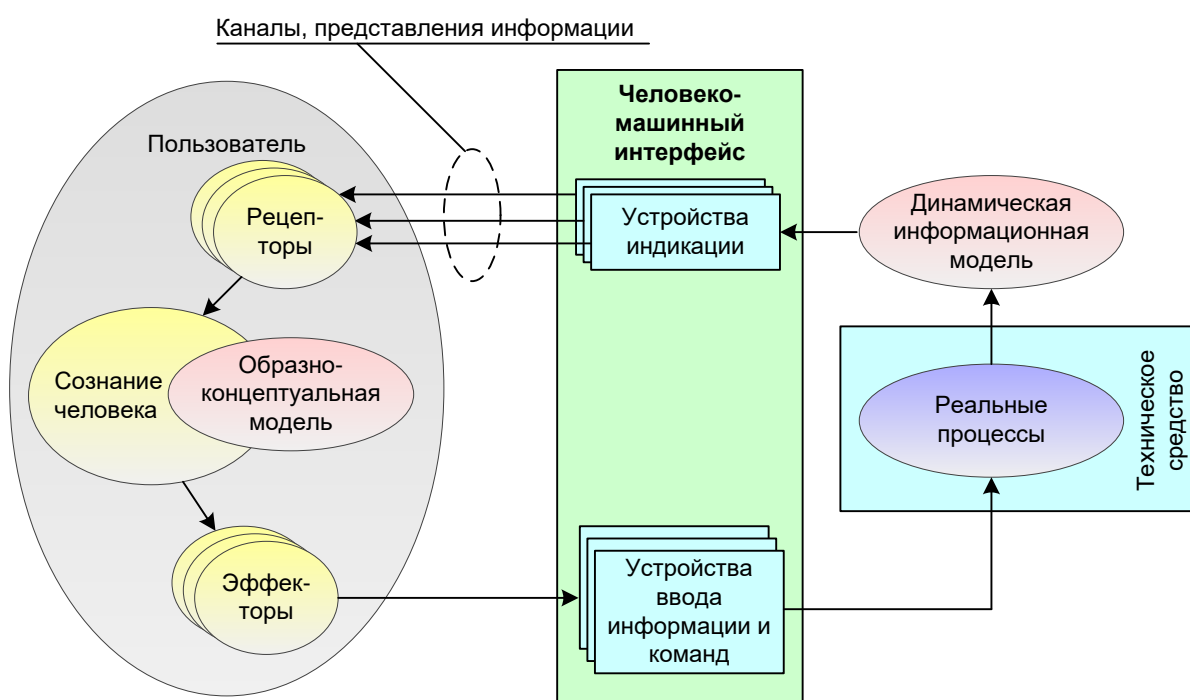


Рис. 2.19. Взаимодействие пользователя с ТС через ЧМИ

В качестве примера формирования динамической информационной и образно-концептуальной моделей можно привести работу [120]. В данной работе показано как сложные физические процессы, протекающие в таком ТС как энергоблок атомной станции, преобразуются в ограниченное множество информационных параметров, отображаемых индикаторами ЧМИ. Совокупность отображаемых параметров в процессе их изменения во времени формирует динамическую информационную модель энергоблока атомной станции, которая считывается людьми-операторами. Интерпретация одной и той же совокупно-

сти параметров динамической информационной модели разными людьми-операторами дежурной смены, формирует в каждом из них индивидуальную образно-концептуальную модель. Как показано в работе [120] полнота и адекватность соответствия индивидуальной образно-концептуальной модели реальным физическим процессам в энергоблоке зависит от ясности и целостности понимания человеком-оператором физических процессов, протекающих в энергоблоке, уровня образованности, должности и роли в составе дежурной смены, опыта работы, вовлеченности в ранее случавшиеся аварийные ситуации, других психических особенностей. Успешность профессиональной деятельности людей-операторов по управлению и контролю работы энергоблока прямо определяется полнотой и адекватностью их образно-концептуальной модели, а также способностью принимать своевременные и правильные решения на изменение регулируемых параметров, в том числе в условиях предоставления через различные индикаторы ЧМИ неполной или противоречивой информации о физических процессах реактора.

2.3.4. Роль проектировщиков при обеспечении семантической интероперабельности ЧМИ

Семантика взаимодействия посредством ЧМИ, как правило, определяется человеком – проектировщиком на ранней стадии создания технического средства. Таким образом, именно на проектировщика ложится обязанность продумать все особенности управления конкретными ТС или передачу через них информации, с последующим семантическим определением смысла всех элементов ЧМИ и порядка взаимодействия с ними со стороны человека (рис. 2.20).



Рис. 2.20. Влияние проектировщика на процесс взаимодействия пользователя с ТС через ЧМИ

2.4. Основные каналы восприятия и эффекторы ввода/вывода информации посредством ЧМИ

Канал восприятия информации – путь получения информации человеком с использованием одного из своих органов чувств: зрения, слуха, осязания, вкуса или обоняния.

В общем случае у человека выделяют визуальный, слуховой, тактильный, вкусовой, обонятельный, кинестетический (внутримышечный), температурный и вестибулярный каналы получения информации об окружающей среде.

При приеме информации через ЧМИ в наибольшей степени используются следующие каналы (рис. 2.22) [77]:

- визуальный (зрительный) канал – до 90% от всей поступающей информации;
 - слуховой канал – до 7-8% от всей поступающей информации;
 - тактильный канал – 2-3% от всей поступающей информации.
- Для ввода информации посредством ЧМИ как правило используется движение рук, связанное с необходимостью набора команд на клавиатуре, переключения механических тумблеров или выполнения действий механическими рычагами. При вводе информации задействуется человеческая память [10].



Рис. 2.22. Основные каналы восприятия информации от ЧМИ

Рассмотрим более подробно характеристики процессов восприятия и передачи информации человеком по вышеуказанным каналам.

2.4.1. Визуальный (зрительный) канал получения информации человеком

Визуальный канал восприятия информации – направлен на усвоение информации человеком посредством органов зрения путем считывания и обра-

ботки зрительных образов, их движения, а также информации, представленный в знаково-символьном виде.

Визуальный канал восприятия информации обеспечивает наибольшую точность определения величины признака, особенно при использовании цифровых кодов, шкал, изменений положений указателей приборов. Он позволяет сравнивать и измерять информацию одновременно по нескольким признакам. Визуальным каналом воспринимается форма, цвет, яркость и движение предметов. При этом наименьшая точность наблюдается при передаче информации посредством изменения яркости [96].

Визуальный канал обеспечивает доведение до 90% от всего объема поступающей информации. Быстродействие восприятия информации по визуальному каналу: 0,15-0,22 с [96].

Возможность различения предмета на фоне других предметов определяется его контрастностью. *Контрастность* – это соотношение яркости предмета и фона. Оптимальным считается контраст, находящийся в пределах 0,6-0,9 [96].

Форма предмета воспринимается с учетом контраста внешних линий и линейных размеров предмета [96].

Цвет предмета, может интуитивно передавать эмоциональный окрас или важность информационного сообщения, в частности, военные стандарты США определяют следующее использование цветов при выдаче информации через ЧМИ [9]:

- красный цвет – используется для предупреждения оператора о том, что система или её часть не работают;
- мигающий красный цвет – для обозначения ситуации, требующей немедленного реагирования;
- жёлтый цвет – для обозначения предельных режимов, в которых необходима осторожность или которые требуют внимания оператора;
- зелёный цвет – нормально работающая система;
- белый цвет – используется для обозначения функций, о которых не известно, правильны они или ошибочны, например, для обозначения промежуточных состояний системы;
- синий цвет – справочные и консультативные сведения.

Схожие значения цветового окраса информационных сообщений ЧМИ предусмотрено и стандартами РФ [121]:

- красный цвет – аварийная или опасная ситуация, нештатный режим функционирования системы;
- желтый цвет – возможно опасная ситуация, отклонение системы от режима нормально функционирования;
- зеленый цвет – режим нормального функционирования системы;
- синий цвет – дополнительные указания, запрос на разрешение определенных действий.

Эргономические требования к средствам отображения визуальной информации устанавливают размеры и конфигурацию знаков, сигналов, углы их обзора и расстояния наблюдения, вид контраста изображения и окружающего фона, цвет световых изображений, уровень яркости, частоту смены изображе-

ний, скорость перемещений, условия внешней освещенности изображения. Основные эргономические требования к устройству отображения визуальной информации, следующие [96]:

- оптимальный прямой контраст: 0,8-0,9;
- допустимый прямой контраст: 0,6-0,9;
- длительность отображения (индикации) визуального сигнала: не менее 2 с;
- скорость движения визуального сигнала при наличии опорного ориентира: 1-2 угловых минуты в с;
- скорость движения визуального сигнала без опорного ориентира: 15-30 угловых минут в с;
- размеры знаков на экране: 15-40 угловых минут;
- частота смены обновления экрана: не менее 50 Гц;
- толщина линии на экране: 1,15-1,5 мм при расстоянии наблюдения соответственно 0,25-1,5 м.

Визуальный канал, обладает явно выраженными многомерными свойствами и позволяет одновременно использовать несколько признаков в сигнале. Информация для этого канала восприятия может быть закодирована одновременно с помощью интенсивности и цвета световых раздражителей, формы, площади, пространственного расположения сигналов, отношений их отдельных параметров. Способность человека к поэлементному анализу большого числа отдельных параметров сложного визуального сигнала позволяет воспринимать с помощью этого канала большой объем информации. Значительно повышает пропускную способность зрительного канала синтез различных компонентов визуальных сигналов в единый зрительный образ [96].

Максимальная пропускная способность визуального канала передачи информации на уровне фоторецепторов глаза человека составляет порядка $5,6 \cdot 10^9$ бит/с. По мере продвижения к коре мозга пропускная способность восприятия падает до 50-60 бит/с. Несмотря на такую низкую пропускную способность восприятия, человек в своём субъективном мире имеет дело с образно-концептуальной моделью реальных процессов, обладающий высокой достоверностью и детальностью. Это связано с конструирующими функциями психики, строящей образ на основании не только на основе внешней зрительной информации, но и на основе своего опыта, восприятия происходящих процессов в целом, прогнозирования их развития вследствие тех или иных своих действий. информации, циркулирующей в системах памяти и фиксации опыта [9].

2.4.2. Слуховой канал получения информации человеком

Слуховой канал восприятия информации – направлен на усвоение информации посредством органов слуха путем считывания и обработки звуковых сигналов и речевых сообщений.

Звук характеризуется интенсивностью, частотой и формой акустических колебаний, которые отражаются в слуховых ощущениях как громкость, высота и тембр. Слуховой канал по точности восприятия количественной информации может конкурировать со зрительным только при передаче количественной ин-

формации в виде речевых сообщений. Точность приема количественной информации, закодированной с помощью частоты или интенсивности звукового сигнала, повышается при использовании эталона сравнения. Человек способен воспринять 16-25 градации тональных сигналов, различающихся по высоте или громкости [96].

Слуховой канал обеспечивает доведение до 7-8% от всего объема поступающей информации. Быстродействие восприятия информации по слуховому каналу: 0,12-0,18 с. При этом звуковая информация воспринимается человеком на 20-30 мс быстрее визуальной [96].

Слуховой канал часто используется при передаче аварийных сигналов от средств сигнализации. В соответствии со свойствами слухового канала человека для передачи звуковых уведомляющих сигналов целесообразно использовать частоту 200-400 Гц с интенсивностью до 100 дБ, для аварийных сообщений – частоту 800-5000 Гц с интенсивностью 110 дБ. Длительность отдельных сигналов и интервалов между ними должна быть более 0,2 с, длительность интенсивных (предельно допустимых) сигналов не должна превышать 10 с [96].

С возрастом слуховая чувствительность на высоких частотах падает на 20 дБ и более. При поступлении на органы слуха звуковых сигналов разной частоты наступает «эффект маскировки», выражающийся в снижении слышимости полезного сигнала [9].

Понимание человеком речевых сообщений зависит от темпа их передачи, наличия интервалов между словами и фразами. Оптимальным считается темп 120 слов в минуту. Интенсивность речевых сигналов должна превышать интенсивность шумов не менее чем на 6,5 дБ. Опознавание речевых сообщений зависит от длины слова – многосложные слова правильно распознаются лучше, чем односложные, при этом более точно распознаются слова, начинающиеся с гласного звука. На восприятие речевых сообщений существенное влияние оказывают их синтаксические и фонетические закономерности. Так наличие синтаксической связи между словами в сообщении в большинстве случаев позволяет правильно интерпретировать сообщение, даже при пропуске отдельных слов [9].

Слуховой канал восприятия позволяет использовать при передаче информации многомерные звуковые сигналы в которых варьируемые параметры могут выступать интенсивность, частоту, тембр и ритм. Распределение частот по октавам и модулирование звуковых сигналов также повышает их распознаваемость. Однако общий набор параметров звуковых сигналов и возможность варьирования ими для этого канала меньше, чем для зрительного. Значительно ограничивает использование этого канала трудность приема и анализа информации, поступающей одновременно более чем от одного источника [96].

2.4.3. Тактильный канал получения информации человеком

Тактильный канал восприятия информации – направлен на усвоение информации человеком 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.

Функционирование тактильного анализатора основано на свойстве кожи воспринимать температурные, химические, механические и электрические воздействия предмета или орудия труда. Наиболее часто тактильный анализатор используется для получения информации о состоянии оборудования путем анализа его положения и движения в пространстве, а также путем передачи вибраций [96].

Быстродействие восприятия информации по тактильному каналу: 0,09-0,22 с [96].

Чувствительность тактильных сенсоров человека на механическое воздействие определяется величиной минимального давления, вызывающего ощущение. Наибольшая чувствительность при восприятии вибраций наблюдается на частотах 100-300 Гц. Пространственная чувствительность определяется минимальным расстоянием между двумя точками кожи, при раздражении которых возникает ощущение двух прикосновений. На основе пространственной чувствительности пальцев, составляющей 1-2,5 мм, происходит опознание органов управления. При помощи тактильного анализатора можно передавать до 10 уровней (градаций) сигнала [96].

Недостатком тактильного канала восприятия информации является то, что он обладает быстрой адаптацией, приводящей к снижению абсолютного порога ощущения [96].

Тактильный канал восприятия обладает меньшими возможностями для приема многомерных сигналов, чем визуальный и слуховой. При передаче по нему многомерных сигналов практически могут быть использованы частота сигналов и их пространственная локализация [96].

В настоящее время тактильные каналы используются для контроля за работой оборудования (путем восприятия его вибраций), опознания органов управления и получения информации о вводе управляющих воздействий в систему управления, за счет обратной связи в штурвалах, рычагах, тумблерах и переключателях [96].

2.4.4. Особенности передачи информации различного типа по различным каналам восприятия

2.4.4.1. Передача пространственной информации

При приеме информации о положении объектов в пространстве визуальный, слуховой и тактильный каналы обладают следующими особенностями.

Зрительный канал дает самую полную информацию о положении наблюдаемых объектов в пространстве (по трем координатам). Большая точность в оценке пространства и пространственных отношений обеспечивается за счет выраженной способности зрительного восприятия человека к анализу многомерных визуальных сигналов, константности восприятия, визуализации представлений, широкой возможности оперирования пространственными зрительными образами [96].

Тактильный канал при передаче пространственной информации можно поставить на второе место. Он обеспечивает определение положения объекта в пространстве по двум координатам при непосредственном соприкосновении с объектом и при дистанционном определении положения его в пространстве за счет искусственных кодовых признаков. Такими кодовыми признаками могут быть частота вибротактильных или электрокожных сигналов и их локализация [96].

Слуховой канал при передаче пространственной информации обеспечивает высокую точность определения направления на источник звука. Когда же применяется искусственный код (обычное изменение частоты акустического сигнала, его тона), точность локализации оказывается ниже, чем при использовании зрительного и тактильного канала. В большинстве случаев с помощью слухового анализатора можно определять изменение положения объекта в пространстве только по одной координате [96].

2.4.4.2. Передача временной информации

При передаче временной информации точность восприятия временных интервалов зависит от их длительности, от того, заполнены они или не заполнены сигналами и от ряда других причин. Наибольшая точность отмечается при оценке заполненных временных интервалах. При приеме временной информации каналы восприятия обладают следующими особенностями.

Слуховой канал обеспечивает наибольшую точность в оценке временных характеристик сигналов (их длительности, темпа, ритма и т.п.). Ошибка в воспроизведении 3, 5, 10-секундных заполненных временных интервалов составляет при использовании слухового канала 1,2-4,7% [96].

Каналы восприятия, соответствующие обонянию и осязанию, также может успешно использоваться для передачи информации о длительности каких-либо процессов. При поступлении по этим каналам заполненных временных интервалов длительностью в 4,8-9,1 с., ошибка в точности воспроизведения колеблется в пределах 6,4-16% [96].

Тактильный канал по точности оценки времени занимает третье место. Ошибка точности воспроизведения 5-, 10-секундных интервалов при использовании этого анализатора составляет 7,4-24,8 % [96].

Визуальный канал обеспечивает наименьшую точность передачи временной информации. При поступлении сигналов в этот канал наблюдается меньшая точность и большая флюктуация в оценке длительности временных интервалов, чем при поступлении их по другим каналам. Ошибка в точности воспроизведения 3-, 5- и 10- секундных интервалов времени при использовании визуального канала составляет 13,8-18%, а флюктуация воспринимаемых значений 1,2-2,9 с [96].

2.4.4.3. Передача информации об аварийных ситуациях

При передаче информации об аварийных ситуациях, сигналы, несущие аварийную информацию, можно разделить на предупреждающие сигналы и аварийные сигналы, свидетельствующие об какой-либо критической ситуации

и переключаяющие человека на деятельность по новому алгоритму. Для передачи предупреждающего сигнала можно использовать любой канал восприятия (визуальный, слуховой, тактильный). Выбор канала зависит от структуры деятельности, загруженности того или иного анализатора и вида алгоритма действий, на который должен быть переключен человек. Выбор канала восприятия человека для передачи аварийного сигнала обуславливается тем, что сигнал должен быть обязательно и немедленно воспринят при любых обстоятельствах, не зависимо от характера работы [96].

При восприятии предупреждающих и аварийных сигналах визуальный, слуховой и тактильный каналы обладают следующими особенностями.

Слуховой канал восприятия при передаче информации об аварийном состоянии имеет те преимущества, что слуховой анализатор обладает выраженной способностью к экстренной мобилизации. Звуковой сигнал хорошо воспринимается независимо от местоположения его источника по отношению к человеку. Отрицательным свойством длительного интенсивного звукового сигнала является его выраженное тормозное влияние на высшую нервную деятельность [96].

Визуальный канал восприятия при передаче аварийной информации является также является достаточно эффективным. Его недостатком является то, что источник информации обязательно должен находиться в поле зрения человека. Особенно важное значение визуальный канал приобретает в условиях интенсивного шум [96].

Тактильный канал восприятия также может быть использован при подаче аварийных сигналов. При передаче аварийного сигнала по такому каналу в некоторых случаях может использоваться болевая чувствительность [96].

2.4.5. Характеристики памяти и двигательных функций человека при реакции на поступающую информацию и вводе команд в ЧМИ

При принятии решений важную роль играет кратковременная и долговременная память человека, позволяющая запоминать поступившую информацию. При вводе информации в ЧМИ определяющие значение имеют двигательные функции рук человека, направленные на набор команд на клавиатуре, переключение механических тумблеров или выполнение действий механическими рычагами.

Краткосрочная память человека обеспечивает временное запоминание информации. Она характеризуется быстрым доступом (порядка 70 мс), быстрым забыванием информации (порядка 200 мс) и ограниченной ёмкостью (5-9 элементов информации) [10].

Долговременная память является основным хранилищем знаний человека. Она характеризуется относительно медленным доступом (порядка 120 мс), медленным или несуществующим забыванием информации, огромной или даже неограниченной ёмкостью. Различают два типа долговременная памяти эпизодическая память (память о последовательности событий) и семантическая память (структурированная память о фактах, концепциях, навыках и т.д.) [10].

Исполнительные рабочие движения (операции) оператора по вводу информации или команд в ЧМИ разделяют на [9]:

- операции включения, выключения и переключения. Их основная характеристика – время реакции;
- выполнение последовательного ряда повторяющихся движений при операциях кодирования и передачи информации. Их основные характеристики – темп и ритм движений;
- манипуляционные, связанные с дозированием движений по силовым, пространственным и временным параметрам. Используются при настройке аппаратуры и точной установке управляемого объекта. Основной параметр – точность дозирочных реакций;
- операции сенсомоторного слежения, заключающиеся в непрерывном решении задачи согласования положения управляемого объекта в пространстве с перемещающимся объектом – целью.

Большинство управляющих движений выполняется после получения и анализа информации, поступающей по каналам восприятия.

Время реакции – время, требующееся для совершения простого моторного действия в ответ на стимул, которое состоит из времени реакции на стимул и времени движения. Время реакции на стимул зависит от типа стимула: для визуального стимула оно составляет примерно 0,15-0,22 с, для слухового – 0,15 с, для тактильного – 0,16 с, для болевого – 0,7 с. Время движения зависит от возраста, физической формы и др. Время движения в зависимости от специфики требуемых действий (переключения тумблера, движение рычага, набор команды на клавиатуре) может занимать 1,5-5 с, при этом самому действию предшествует задержка нервно-мышечного запаздывания 0,1-0,2 с. Особую роль при определении времени движения приобретает сложность кодирования правильных реакций на стимулы в выполняемые действия, т.е. сложность соответствия между предъявляемым стимулом и требуемыми действиями при реакции на него. Так если до реакции необходимо предварительно решить задачу выбора, то время реакции будет являться функцией, зависящей от сложности выбора, количества поступающей оператору информации, направления и формы движений, предыдущего опыта оператора. При этом улучшение времени реакции может приводить к ухудшению точности действий [9, 10].

Повторяющиеся движения зависят от их темпа. Максимальный темп при ударах пальцем составляет для мизинца – 48-56; безымянного – 57-62; среднего – 63-69; указательного – 66-70 ударов за 15 с. Максимальный темп нажимных ударов для ведущей руки составляет 6,68 нажима/с, для неведущей – 5,3 нажима/с. При высоком темпе сигналов-стимулов, следующих один за другим, возникает явление «психического блока», проявляющееся в пропуске таких сигналов и появлении реакций с большим временем запаздывания [9].

Манипуляционные вращательные движения рук зависят от направления поворота и совершаются быстрее при повороте правой рукой направо, чем при повороте налево [9].

Задачи слежения заключаются в удержании с помощью органов управления ЧМИ движущегося объекта на заданной траектории или его совмещении с

другим движущимся объектом. Различают «компенсаторное» и «преследующее» слежение.

Первое заключается в восприятии оператором разности между входным и выходным сигналами и сведении её к нулю, а второе – в восприятии оператором всего хода изменений и сведении разностной ошибки к нулю. При проектировании систем, включающих задачи слежения, необходимо учитывать наличие ограничений в деятельности оператора, возникающих вследствие его невысокой пропускной способности и задержек в биомеханических системах. Частота реакции человека в системах с непрерывным управлением составляет ~ 1 Гц [9].

2.5. Психические особенности и состояния пользователей, значимые для эффективности их семантического взаимодействия с ЧМИ

Индивидуальные психические особенности пользователей являются важными факторами, влияющими на эффективность семантического взаимодействия пользователей в ОТС по информационным направлениям:

- «пользователь – ЧМИ – ТС – ... – ТС – ЧМИ – пользователь»;
- «пользователь – ЧМИ – ТС».

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 [66].

В соответствии с работой [66] 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 яв-

лений 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 [67].

Далее рассмотрим эти индивидуальные психические особенности, психические состояния и другие неблагоприятные факторы влияющие на эффективность взаимодействия пользователя с ЧМИ более подробно.

2.5.1. 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 смещения в различных пропорциях всех четырех типов темперамента [66].

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 [66].

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 [66].

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. [66].

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 [66].

2.5.2. 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 различ-

ным обстоятельствам бытия. Характер формируется, как правило, постепенно в процессе познания и практической деятельности [66].

Существуют различные подходы к описанию, классификации свойств, черт характера. Условно их можно сгруппировать следующим образом [66]:

- 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).

2.5.3. 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 [66].

Существует целый ряд классификаций способностей [66]:

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.

2.5.4. 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 вы-

делять следующие виды чувств: моральные, интеллектуальные и эстетические [66].

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 [66].

В зависимости от силы и продолжительности чувств, их можно отнести к различным эмоциональным состояниям человека [66]:

- 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 – следствие 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 с ЧМИ 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 с ЧМИ.

2.5.5. Воля

Воля – психическая функция, заключающаяся в способности индивида к сознательному управлению своей психикой и поступками в процессе принятия решений для достижения поставленных целей [66].

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 [66].

Волевое действие – обдуманное действие. В простом волевом действии можно выделить два основных этапа [66]:

- 1) подготовительный («мысленное действие»), завершающейся принятием решения;
- 2) завершающий («фактическое действие»), заключающийся в исполнении принятого решения.

В сложном волевом действии этапов значительно больше [66]:

- 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. [66].

Рассматривая волевые качества пользователей в контексте их влияния на семантическую интероперабельность с ЧМИ можно отметить что наличие высоких волевых качеств положительно влияет на семантическую интероперабельность, что проявляется в способности пользователей на высоком качественной уровне рассмотреть альтернативы достижения цели, внутренне обосновать целесообразность принятого решения, собраться, в сжатые сроки сформировать требуемые действия, которые потом передать ТС посредством ЧМИ.

2.5.6. Психические состояния

Все многообразие психических состояний человека при выполнении им целевых задач в составе организационных задач ОТС можно разделить на 2 класса [68, 69]:

- 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, психиче-

ское утомление, эмоциональный стресс, состояние монотонии, тревожности, отсутствия мотивации, а также индифферентное состояние [68, 69].

В психологии труда и эргономике психические состояния пользователей описываются как его «удовлетворённость» в триаде: «цель – средства и способы – результат» [68, 69].

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 [68, 69].

Однако, на практике пользователь зачастую не достигает положительного эффекта в одном или нескольких компонентах триады, ввиду того, что вынужден [68, 69]:

- самостоятельно формулировать конкретную цель своих действий в данных условиях (находить ее в должностных или технических инструкциях, 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 [68, 69].

2.5.7. Дополнительные негативные факторы

К дополнительным негативным факторам, которые могут снизить эффективность информационного взаимодействия пользователя с ЧМИ можно отнести следующее [66, 122]:

- 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.

2.6. Основные требования, предъявляемые к ЧМИ и к информации, передаваемой через него

2.6.1. Требования к информации, передаваемой посредством ЧМИ

Основанная задача ЧМИ – обеспечивать двухстороннюю передачу информации между пользователем и ТС. В связи с этим логичным является предъявление требований к ЧМИ по обеспечению высоких качественных показателей передаваемой информации (рис. 2.23).



Рис. 2.23. Основные и специфические требования к информации, передаваемой посредством ЧМИ

В целом, к информации, передаваемой посредством ЧМИ, предъявляются следующие основные требования [97]:

- *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;
- *актуальность информации* – степень соответствия информации текущему моменту времени;
- *достоверность информации* – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления;
- *адекватность информации* – уровень соответствия, создаваемого с помощью полученной информации образа, реальному объекту, процессу или явлению;
- *полнота информации* – состав и объем информации достаточный для правильного понимания какого-либо явления или принятия решения.

Кроме вышеуказанных требований к информации вообще, к информации, представляемой именно посредством ЧМИ, предъявляются следующие дополнительные требования [99, 100]:

- *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.

Вышеуказанные дополнительные требования к информации, передаваемой посредством ЧМИ, стандартом [99] определяются для визуальной информации, выводимой посредством экранов ЭВМ, однако эти же требования в полной мере относятся к вербальной (речевой) и к тактильной информации. Поэтому их можно считать относительно универсальными.

Вышеуказанные требования предъявляются к информации, передаваемой от ЧМИ к пользователю. В отношении информации вводимой пользователем в ЧМИ в работе [98] предложен такой интегральный показатель качества ЧМИ как информационная производительность.

Информационная производительность ЧМИ – отношение минимального количества информации, необходимого для выполнения системой целевой за-

дачи, к количеству информации, которое должен ввести пользователь. Этот показатель может изменяться в пределах от 0 до 1. Если никакой информации от пользователя для выполнения целевой задачи не требуется, то информационная производительность ЧМИ максимальна и равна 1. Информационная производительность может равняться и 0 в случаях, когда пользователь должен ввести информацию, которая совершенно бесполезна (например, подтвердить окончание каких-либо действия нажав кнопку с единственной надписью «Ок») [98].

Как правило, ЧМИ функционирует в интересах обеспечения взаимодействия человека-пользователя либо с управляющими, либо с информационными ТС. Что накладывает несколько различные требования к ЧМИ обеспечивающих взаимодействие пользователя соответственно с управляющими, либо чисто информационными ТС. Это различие в требованиях к ЧМИ будет рассмотрено далее.

2.6.2. Основные требования к ЧМИ, управляющей системы

В интересах обеспечения вышеуказанных основных требований к передаваемой информации, а также в интересах качественного управления пользователем ТС, к ЧМИ ТС управления, предъявляются требования по (рис. 2.24) [97]:

- *непрерывности ЧМИ* – способность ЧМИ ТС управления постоянно находиться на связи и взаимодействовать с пользователем и с объектами управления;
- *оперативности ЧМИ* – способности ЧМИ ТС управления получать, обрабатывать и представлять пользователю информацию о состоянии управляемых объектов и среды, получать от пользователя команды, на их основе их формировать управляющие воздействия и доводить их до управляемых объектов в соответствии с темпом изменения текущей ситуации;
- *устойчивости ЧМИ* – способность ЧМИ ТС управления обеспечивать решение задач управления в сложной, резко меняющейся обстановке в условиях помех и при дестабилизирующих воздействиях;
- *безопасности ЧМИ* – способность, в отношении пользователей ЧМИ, обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность информации о процессах управления, конечной цели и решаемых задачах, задействованных силах и средствах, а также их возможностей.

Последнее требование по безопасности, является интегральным и включает в себя обеспечение следующих частных свойств информации [97]:

- *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;

- *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.

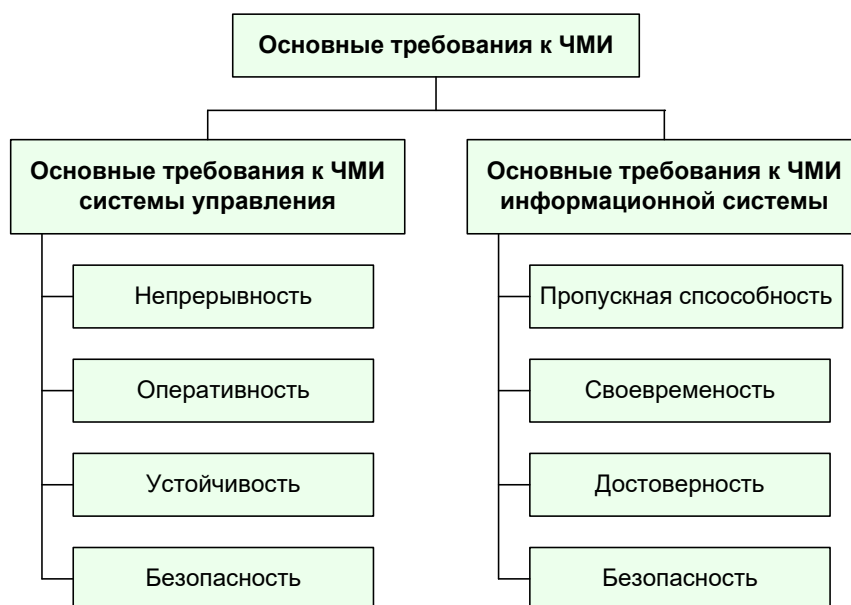


Рис. 2.24. Основные требования к ЧМИ систем управления и информационных систем

2.6.3. Основные требования к ЧМИ, информационной системы

Для обеспечения вышеуказанных основных требований к передаваемой информации, а также в интересах качественной передачи сообщений, к ЧМИ информационной системы предъявляются требования по (рис. 2.24) [97]:

- *пропускной способности (скорости передачи) ЧМИ* – способность ЧМИ передавать определенный объем информационных сообщений в единицу времени;
- *своевременности ЧМИ* – способность ЧМИ обеспечивать передачу информационных сообщений от технической системы к пользователю или в обратном направлении в заданные сроки;
- *достоверности ЧМИ* – способность ЧМИ обеспечивать требуемую точность воспроизведения информационных сообщений через каналы восприятия человека, а также сохранять эту точность при преобразовании информации из одного типа в другой (например, из визуальной информации в речевую);
- *безопасности ЧМИ* – способность обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность содержания информационных сообщений и самого факта их передачи.

3. Организационная интероперабельность ЧМИ

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

Организационная интероперабельность, применительно к ЧМИ, соответствует общим нормативно-правовым актам, регламентирующим стандартизацию и унификацию ЧМИ при их реализации в системах различного типа и назначения, а также с учетом обеспечения их информационной совместимости на всем протяжении жизненного цикла системы (создание, эксплуатация, модернизация, утилизация).

Необходимо отметить, что в настоящее время уже известны исследования по вопросам организационной интероперабельности, например работы [101-109], однако работы по вопросам организационной интероперабельности ЧМИ практически отсутствуют. В связи с этим проведение исследований в этой области представляется весьма актуальным.

В этой главе в кратком обзорном виде рассмотрены основные стандарты проектирования ЧМИ, обеспечения их эргономики и информационной совместимости. Чтобы не дублировать информацию и не загромождать материал монографии в тексте приводятся краткий обзор соответствующих стандартов, их назначение и ориентированность на те или иные аспекты интероперабельности ЧМИ. Для более полного ознакомления с теми аспектами интероперабельности ЧМИ, которые интересуют читателя, автор рекомендует обратиться непосредственно к тексту соответствующего стандарта.



Рис. 3.1. Стандарты, организационной интероперабельности ЧМИ

Рассматриваемые стандарты, можно объединить в 2-е большие группы (рис. 3.1):

- основные стандарты, определяющие требования к ЧМИ, ориентированные на повышение эффективности взаимодействия с пользователем и эргономики их использования – они ориентированы на обеспечение, в большей степени, семантической интероперабельности ЧМИ;
- основные стандарты, определяющие проектирование ЧМИ – они ориентированы на обеспечение, прежде всего, технической интероперабельности ЧМИ, а именно различных способов и средств реализации ЧМИ в системах различного типа и назначения.

Обзор стандартов этих 2-ух групп приводится по материалам [60].

3.1. Основные стандарты, определяющие требования к ЧМИ, повышение эффективности взаимодействия с пользователем и эргономики их использования

3.1.1. Группа стандартов ISO 9241

Как было показано ранее, подавляющее большинство современных ЧМИ, представляют типовые визуальные элементы пользовательского интерфейса (оконные формы) на экране, с которыми пользователь взаимодействует с помощью «мыши» и клавиатуры. Одним из направлений повышения интероперабельности является стандартизация элементов пользовательских интерфейсов, способов взаимодействия пользователя, форм и способов представления информации.

В настоящее время международными организациями по стандартизации разработано большое количество стандартов, направленных на решение этих задач. В первую очередь к ним относится группа стандартов ISO 9241 «Эргономика человеко-машинного взаимодействия». В составе этой группы стандартов входят следующие серии:

- серия 9241-1xx «эргономика программного обеспечения»;
- серия 9241-2xx «способы человеко-машинного взаимодействия»;
- серия 9241-3xx «дисплеи и связанное оборудование»;
- серия 9241-4xx «устройства ввода и их эргономические свойства»;
- серия 9241-5xx «эргономика рабочего места»;
- серия 9241-6xx «эргономика системного ландшафта»;
- серия 9241-7xx «залы управления – прикладной аспект»;
- серия 9241-8xx «тактильное взаимодействие».

Применительно к задаче обеспечения интероперабельности ЧМИ можно отметить следующие основные стандарты, ориентированные на унификацию ЧМИ и повышения их эргономики.

Стандарты по общей эргономике взаимодействий с использованием различных типов ЧМИ: ISO 9241-110 ... ISO 9241-119. В этих стандартах приводятся высокоуровневые руководства, которые предназначены для разработки взаимодействия, основанного на потребностях пользователя и особенностях

решаемой задачи. Они включают в себя все последовательности и этапы действий, которые необходимо выполнить пользователю для выполнения его задачи. Стандарты этой категории дополнены руководствами по конкретным аспектам пользовательского интерфейса. Руководства предназначены для разработки взаимодействия, основанного на потребностях пользователя и требованиях по выполняемой задаче. Данная группа стандартов включает руководства по:

- принципам диалога и основные рекомендации по его организации;
- разработке взаимодействия.

Из вышеуказанных, стандарт ISO 9241-110 является наиболее основным и содержит базовые принципы организации взаимодействия через ЧМИ посредством организации диалога, а также рекомендации по их реализации. Данный стандарт определяет следующие основные требования к ЧМИ для организации высокоэффективного взаимодействия:

- пригодность для выполнения задачи или обмена целевой информацией;
- высокая информативность;
- соответствие ожиданиям пользователя;
- пригодность для обучения;
- управляемость;
- устойчивость к ошибкам пользователя;
- пригодность для индивидуализации.

Стандарт ISO 9241-129 определяет эргономические требования и рекомендации именно для последнего требования – для индивидуализации ЧМИ. Этот стандарт определяет содержание индивидуализации ЧМИ, выбор методов и способов ее реализации.

Стандарты ISO 9241-120 ... ISO 9241-129 ориентированы на унификацию и регламентацию процессов ввода/вывода и взаимодействия через ЧМИ. Эти стандарты регламентируют следующие вопросы:

- принципы представления информации;
- выбор и сочетание форм представления информации;
- многоканальное/многомодальное взаимодействие;
- визуальному представлению информации;
- слуховому взаимодействию (включая речевой ввод);
- тактильному взаимодействию.

Стандарты ISO 9241-14 ... ISO 9241-17 определяют различные способы и параметры, используемые для организации взаимодействия посредством ЧМИ, например, такие как:

- выбор и комбинирование способов взаимодействия;
- создание интерактивных меню;
- системы команд и способы их ввода;
- непосредственное управление;
- формы, заполняемые при взаимодействии;
- взаимодействие с использованием естественного языка;
- взаимодействие в системах вопрос-ответ;
- взаимодействие посредством манипуляторов и средств копирования действий пользователя.

Так стандарт ISO 9241-14 рассматривает вопросы эргономической разработки ЧМИ на основе меню (например, выпадающих меню или всплывающих меню). При этом в диалоге на основе меню система диалога представляет пользователю одну или несколько групп опций, пользователь выбирает одну или несколько опций и компьютер выполняет действия, определяемые выбранной опцией (опциями).

Стандарт ISO 9241-15 рассматривает вопросы эргономической разработки командных ЧМИ. В таких ЧМИ пользователь вводит полные или сокращенные команды, как того требует синтаксис командного языка, и система выполняет действия, связанные с командами и их параметрами.

Стандарт ISO 9241-16 рассматривает вопросы формирования ЧМИ непосредственного управления, где пользователи выполняют определенные операции способом, аналогичным манипулированию физическими объектами.

В стандарте ISO 9241-17 рассмотрены вопросы формирования ЧМИ, основанных на заполнении форм. В диалогах заполнения форм пользователи заполняют определенные поля самостоятельно, выбирают возможные варианты или ставят метку.

Стандарты ISO 9241-140 ... ISO 9241-14 определяют различные приемы, используемые для поддержки диалога в пределах взаимодействия «человек – система». Стандарты включают руководство по:

- выбору и комбинированию способов взаимодействия;
- выбору и комбинированию меню;
- выбору и комбинированию команд;
- непосредственному управлению;
- формам, заполняемым при диалогах;
- диалогам с использованием естественного языка;
- диалогам вопроса и ответа.

Стандарт ISO 9241-920 определяет эргономические требования и дает рекомендации по созданию ЧМИ, основанным на тактильном взаимодействии с аппаратным и программным обеспечением. К таким ЧМИ относится широкий класс ЧМИ управления самолетами, беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), копирующими манипуляторами и проч. объектами, управление которыми осуществляется посредством рычажных систем с обратной связью.

Помимо стандартов группы ISO 9241 существует и другие стандарты, регламентирующие эргономику ЧМИ.

3.1.2. Группа стандартов ISO 14915

Группа стандартов ISO 14915, включающая в себя три стандарта: ISO 14915-1, ISO 14915-2 и ISO 14915-3, которые определяют эргономику мультимедийных ЧМИ. В ISO 14915-1 представлено основное руководство, а в ISO 14915-2 и ISO 14915-3 руководства по вводу, выводу и взаимодействию.

В стандарте ISO 14915-1 установлены принципы формирования мультимедийных пользовательских интерфейсов. В нем рассмотрены пользовательские интерфейсы и приложения, которые объединяют, интегрируют и синхронизируют различные формы представления информации. Это могут быть ста-

тичные формы информации, такие как текст, графические символы, изображения; динамические формы информации, такие как звук, анимация, видео; или формы представления информации, относящиеся к другим сенсорным модальностям. Основное внимание в ISO 14915-1 направлено на проблемы представления мультимедийных данных. Эргономические требования и рекомендации, описанные в ISO 14915-1, могут быть реализованы посредством различных методов, например, через систему представления данных, язык сценариев или прикладные программы. Этот стандарт ориентирован на формирование интерфейсов, предназначенных главным образом для такой профессиональной деятельности как работа или обучение. Стандарт не распространяется на другие сферы применения, хотя некоторые его рекомендации могут быть применимы и в других областях. В стандарте ISO 14915-1 не рассмотрена реализация аппаратных интерфейсов.

В стандарте ISO 14915-2 приведены рекомендации и требования по разработке мультимедийных ЧМИ с учетом особенностей организации, управления и навигации в мультимедийной среде. В этом стандарте рассмотрены только вопросы организации информационного содержания ЧМИ, а также вопросы, связанные с управлением вывода информации.

В стандарте ISO 14915-3 приведены рекомендации по выбору и комбинированию интерактивных пользовательских ЧМИ, которые объединяют и синхронизируют различные формы представления информации. Это могут быть статичные формы информации, такие как текст, графические символы, изображения; динамические формы информации, такие как звук, анимация, видео; или формы представления информации, относящиеся к другим сенсорным модальностям.

Отметим, что несмотря на то что стандарты этой группы ориентированы на визуальные мультимедийные ЧМИ, они не затрагивают такие многоканальные (многомодальные) способы ввода/вывода информации, например, как речь или тактильные ощущения.

3.1.3. Стандарт ISO 6385

Стандарт ISO 6385 устанавливает основополагающие принципы проектирования рабочих систем и определяет основные термины в этой области. В стандарте описан интегрированный подход к проектированию рабочих систем, где эргономика органически сочетается с другими аспектами проекта. Особое внимание уделяется персоналу, а также учитываются и социальные, и технические требования при проектировании.

3.2. Основные стандарты, определяющие проектирование ЧМИ

3.2.1. Группа стандартов ISO 9241

Применительно к задачам проектирования ЧМИ важными являются следующие стандарты из группы стандартов ISO 9241.

Стандарт ISO 9241-210 определяет руководство по проектированию компьютерных интерактивных систем. Стандарт ориентирован на разработчиков таких систем и применим как к аппаратному обеспечению, так и к программному обеспечению.

Стандарты ISO 9241-13, ISO 9241-130 ... ISO 9241-139 ориентированы на регламентацию процессов изучения пользователем ЧМИ и справочной поддержки его работы.

В стандарте ISO 9241-13 приведены рекомендации по составлению руководства пользователя системы в составе ЧМИ и его оценке. Руководство пользователя помогает пользователям выполнять свои задачи в системе. Руководство пользователя должно быть достаточно подробным, чтобы пользователь мог выполнить поддерживаемую системой задачу без приложения чрезмерных усилий.

В группе стандартов ISO 9241-130 ... ISO 9241-139 приведены рекомендации по формированию и проектированию элементов ЧМИ, которые помогают пользователю в изучении и использовании интерактивного интерфейса:

- руководство пользователя;
- поддержка обучения.

Стандарт ISO 9241-20 определяет рекомендации по доступности оборудования и услуг в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). В этом стандарте приведена информация об условиях использования и рекомендации по повышению доступности ИКТ-услуг. Показано, что доступность ИКТ возрастает с расширением диапазона условий, в которых могут быть использованы оборудование и услуги. При этом условия использования состоят из различных компонентов, включая: характеристики пользователя, характеристики ИКТ-задач, характеристики оборудования (аппаратного обеспечения, программного обеспечения и материалов) и характеристики физической и социальной сред. Даны рекомендации как условия использования должны быть использованы при планировании, разработке, приобретении и оценке оборудования и услуг в области ИКТ. С учетом ориентированности ISO 9241-20 на сетевые системы обмена информацией именно этот стандарт может стать основой для разработки доступного оборудования и ИКТ-систем в составе территориально-распределенных ОТС. ISO 9241-20 является стандартом высокого уровня, применимым ко всему оборудованию и услугам в области ИКТ, и не содержит детальных описаний для оборудования или услуги.

Стандарт ISO 9241-11 вводит понятие «пригодность использования» и определяет информацию, необходимую для разработки требований к системе или оценки пригодности его использования на основе критериев производительности работы и удовлетворенности пользователей.

Помимо рассмотренных в проектировании ЧМИ следует ориентироваться на стандарты ISO 9241-120 ... ISO 9241-129, ISO 9241-14 ... ISO 9241-17, ISO 9241-140 ... ISO 9241-14, ISO 9241-920, ISO 14915-1, ISO 14915-2 и ISO 14915-3, которые были рассмотрены ранее.

3.2.2. Стандарт ISO/TS 18152

Стандарт ISO/TS 18152 определяет модель зрелости организации с точки зрения взаимодействия «человек – система», а также позволяющая оценить пригодность использования, полезность и безопасность. Этот стандарт описывает способы преодоления проблем взаимодействия между человеком и технической системой.

3.2.3. Группа стандартов ISO/IEC TR 25060

В группе ISO/IEC TR 25060 описано семейство стандартов, устанавливающих требования и оценку интерактивных систем, называемое «общим промышленным форматом». Целью ISO/IEC TR 25060 является общий обзор структуры и содержания общим промышленным форматом, определение элементов его структуры и их взаимосвязи. Установлены предполагаемые пользователи общего промышленного формата и условия его использования.

3.2.4. Стандарт ISO/TR 18529

Международный документ ISO/TR 18529, основан на ISO 9241-210 и содержит модель, основанную на процессах человеко-ориентированного проектирования, описанных в ISO 9241-210. Документ может быть использован для составления спецификаций, оценки и совершенствования процессов разработки и эксплуатации системы. Модель, представленная в ISO/TR 18529, описывает процессы, которые должны быть выполнены организацией для достижения ее целей. Несмотря на то что модель в основном используется для оценки того, насколько хорошо организация выполняет процессы, описываемые моделью, она также может быть использована для описания того, что требуется для разработки эффективных организационных и проектных процессов. Эксперты в области эргономики и в области психологии труда могут использовать эту модель для формирования действий по человеко-ориентированному проектированию продуктов с гарантированным качеством эргономики.

3.2.5. Стандарт ISO/IEC 12207

Стандарт ISO/IEC 12207 не предназначен для проектирования именно ЧМИ, а регламентирует процесс проектирования программных средств, программных компонентов и модулей ПО. Вместе с тем этот стандарт может с успехом применяться и для проектирования ЧМИ, которые реализуются программно и представляют собой графический пользовательский интерфейс соответствующего ПО.

Более подробно данный стандарт и методика проектирования ЧМИ на его основе изложена в п. 4.4.4 данной работы.

4. Техническая интероперабельность ЧМИ

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 уровне описываются технологии, основные принципы, метафоры, программные оболочки реализации конкретных ЧМИ, обеспечивающих обмен информацией между пользователем и систем, различного типа и назначения. На этом же уровне описываются задачи проектирования и создания эргономичных ЧМИ, обеспечивающих общее повышение эффективности взаимодействия «человек – ТС», а также методики и показатели оценки их качества.

Следует отметить, что в отечественной литературе достаточно большое число публикаций посвящено вопросам технической интероперабельности информационных систем [14, 16-25, 30-32, 34, 35, 39], в том числе – информационно-управляющих систем специального назначения [18-20] и робототехнических систем [25, 26]. Однако подавляющая часть этих работ посвящена исследованию различных вопросов совместимости процессов формирования, передачи, хранения и обработки данных. В этих работах не рассматриваются вопросы создания высокоэффективных ЧМИ для обмена данными между человеком-пользователем и ТС, хотя, например, для дистанционно управляемых РТС, таких как БПЛА [25, 26], создание таких ЧМИ является отдельной важной задачей, решение которой существенно влияет на эффективность управления РТС. То же самое можно сказать и про ЧМИ автоматизированных систем управления (АСУ) войсками и оружием [18-20]. В таких системах эргономичность ЧМИ, определяющая актуальность и полноту представляемой пользователю информации, безошибочность и оперативность ввода пользователем команд управления, существенно влияет на эффективность функционирования системы в целом.

В связи с этим проведение исследований в этой области представляется весьма актуальным. В основу материала данной главы положено обобщение работ [2, 8-11, 110-119], посвященных как общим вопросам технической интероперабельности, так и частным вопросам проектирования ЧМИ.

Материал данной главы организован следующим образом:

- проведен анализ основных сервисов взаимодействия пользователей в ОТС с использованием ТС. 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 такого универсального ЧМИ является эргономичность;

- проведен анализ показателей эффективности ОТС, а именно – показателей продуктивности и оперативности системы, на которые влияют показатели эргономики ЧМИ. Представлены основные параметры оценки эргономики ЧМИ и способы их улучшения;
- рассмотрены основные подходы и методики разработки ЧМИ: проблемно-центрированный подход; каскадная методика; V-методика; методика системной инженерии; эволюционная и RAD методики; спиралевидная методика; итерационная методика; Angle-подход;
- рассмотрены основные методики анализа эргономичности ЧМИ: методика SWT-анализа; методика GOMS-анализа;
- представлены основные принципы разработки эргономичных ЧМИ: принципы Нильсона-Молича; принципы Константина-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;
- разобраны основные типы ЧМИ, получившие широкое распространение в современных ОТС: тактильный интерфейс; интерфейс командной строки; графический интерфейс. Подробно рассмотрены различные варианты графических интерфейсов: WIMP, Post-WIMP, WUI и 3D интерфейсы.

4.1. Основные сервисы взаимодействия в ОТС. Универсальный ЧМИ. Понятие эргономичности

Технической основой территориально-распределённых больших информационных ОТС является единая сетевая среда или, как еще ее называют, единое информационное пространство. Организация взаимодействия в рамках единой сетевой среды в ОТС возможно посредством использования следующих основных сервисов связи:

- голосовая связь;
- видеосвязь;
- электронные личные сообщения (включая службы отправки коротких текстовых сообщений и электронную почту);
- веб-сайты и порталы;
- инфраструктура сетевых услуг;
- технологии семантической сети;
- инструменты онлайн-взаимодействия и обмена информацией;
- инфраструктура удаленного доступа к сети;
- мобильные сетевые устройства.

Каждая из вышеуказанных технологий взаимодействия, как правило, обладает собственным пользовательским интерфейсом.

Пользовательский интерфейс – компоненты интерактивной системы (программное обеспечение и аппаратное обеспечение), которые предоставляют

пользователю информацию и возможность управления для выполнения производственных заданий [60].

Однако, в настоящее время, в подавляющем числе случаев, эти интерфейсы реализуются посредством ЧМИ в виде типовых оконных форм на экране, с которыми пользователь взаимодействует посредством «мыши» и клавиатуры (рис. 3.1). Таким образом можно утверждать, что произошла относительная унификация ЧМИ, в процессе которой большинство ЧМИ систем самого различного назначения стали представлять собой совокупность экранов визуализации информации, манипулятора типа «мышь» и клавиатуры. Исключением из этого правила являются различные специализированные ЧМИ, например ЧМИ пилота самолета, оператора строительной техники, судоводителя и т.п., но такие ЧМИ далее в рамках этой работы не рассматриваются.



Рис. 3.1. Современный универсальный ЧМИ рабочего места пользователя – совокупность экранов визуализации информации, манипулятора типа «мышь» и клавиатуры

Унификация ЧМИ позволяет сформировать единые требования к реализации элементов пользовательского интерфейса, к их стандартизации и гармонизации между собой. При этом одним из основных требований к ЧМИ является его эргономичность.

Эргономика – это 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 [60].

Эргономичность – свойство дизайна оборудования, учитывающее взаимодействие «человек – машина», позволяющее снизить вероятность ошибки пользователя, повысить производительность и комфортность его работы.

Дизайн – совокупность функциональности, внешнего вида и удобства использования.

Таким образом в понятие эргономичный ЧМИ вкладывается смысл, что такой ЧМИ позволяет оптимизировать общую производительность человеко-машинной системы, повысить эффективность взаимодействия человека с ТС обработки информации и управления.

Во 2-ой главе данной работы рассмотрены семантические аспекты получения информации человеком через ЧМИ по каналам восприятия, а также вопросы правильной интерпретации смысла поступающей информации. В этой же главе хотелось бы остановиться на конкретных технических показателях, которыми можно охарактеризовать степень эргономики ЧМИ и на вопросах проектирования ЧМИ.

4.2. Основные параметры оценки эффективности системы «человек - машина», на которые влияет эргономика ЧМИ

Наиболее обобщенным показателем качества ЧМИ является эффективность ОТС составной частью которой является ЧМИ. Показатель эффективности ОТС определяет насколько достигнута цель ее функционирования. Оценка эффективности ОТС может осуществляться по частным показателям достижения цели – временным показателям и показателям продуктивности (рис. 3.2).

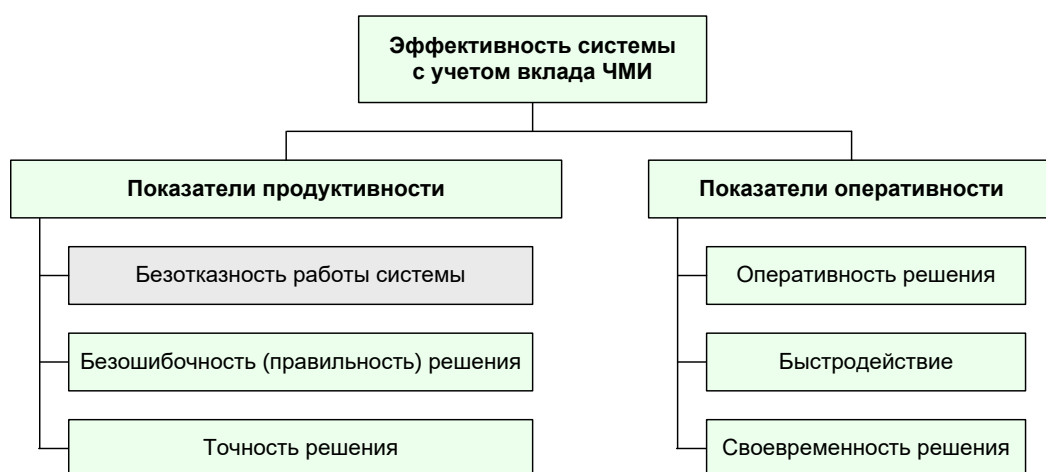


Рис. 3.2. Показатели эффективности ОТС, с учетом вклада в нее ЧМИ

При этом эти показатели характеризуют эффективность системы в целом, включая в себя как вклад человека, так и вклад технических средств.

Показателями продуктивности являются [110]:

- показатель безотказности работы системы;
- безошибочность (правильность) решения, достижения требуемой цели или результата;
- точность решения, достижения требуемой цели или результата.

При этом показатель безотказности связан с характеристиками надежности технической части системы (и далее не рассматривается), а безошибочность (правильность) и точность решения – с характеристиками действий пользователя.

Показателями оперативности являются [110]:

- оперативность решения;
- быстродействие;
- своевременность решения.

Рассмотрим эти частные показатели подробнее.

Безошибочность (правильность) решения – оценивается вероятностью $P_{\text{пр}}$ правильного решения задачи или безошибочного достижения цели [110]:

$$P_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{пр}}}{N},$$

где $P_{\text{пр}}$ – вероятность правильного решения; $N_{\text{пр}}$ – количество случаев правильного решения задачи; N – общее количество решенных задач.

Точность решения – определяется вероятностью $P_{\text{точ}}$ случаев $N_{\text{точ}}$, когда результаты решения задачи соответствуют допустимым погрешностям, к общему числу решенных задач N [110]:

$$P_{\text{точ}} = \frac{N_{\text{точ}}}{N}$$

где $P_{\text{точ}}$ – вероятность точного решения; $N_{\text{точ}}$ – количество случаев решения задачи при котором полученное значение ключевого параметра x результата решения задачи соответствует интервалу допустимых погрешностей $x_{\min}^{\text{доп}} \leq x \leq x_{\max}^{\text{доп}}$; N – общее количество решенных задач.

В работе пользователя на показатель точности решения дополнительно могут влиять погрешности измерений ключевого параметра, погрешность его вывода посредством ЧМИ, погрешность ввода ключевого параметра через ЧМИ и т.д.

Погрешность – оценивается величиной δ расхождения номинального значения (выводимого прибором, измеряемого чем-либо или регулируемого оператором) ключевого параметра x_n и его реального значения x_p [110]:

$$\delta = x_n - x_p,$$

где x_n – номинальное значение параметра; x_p – реальное значение параметра.

Оперативность решения – время $T_{\text{реш}}$ за которое с требуемой вероятностью $P_{\text{реш}}$ будет достигнута цель функционирования системы или решена целевая задача. При включения человека в контур управления, показатели $T_{\text{реш}}$ и $P_{\text{реш}}$ зависят от длительности уяснения ситуации человеком посредством ЧМИ, принятия решения человеком и ввода этого решения через ЧМИ в систему [110].

Быстродействие – характеризуется временем $T_{\text{цикл}}$, необходимым для прохождения информации по замкнутому циклу управления. Время $T_{\text{цикл}}$ складывается из времени осуществления операций в цикле и задержек на регулирование:

$$T_{\text{цикл}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{оп}}} T_{\text{оп } i} + \sum_{j=1}^{N_{\text{рег}}} T_{\text{рег } j},$$

где $T_{оп i}$ – длительность i -ой операции; $T_{оп j}$ – длительность j -го процесса регулирования; $N_{оп}$ – количество операций в цикле управления; $N_{рег}$ – количество процессов регулирования в цикле управления.

При фиксированном времени выполнения каждой операции $T_{оп i}$, включенной в контур управления, быстродействие $T_{цикл}$ зависит только от длительности процессов регулирования $T_{рег j}$, которые, в случае включения человека в контур регулирования, зависят от ЧМИ и времени реакции человека-оператора.

Своевременность решения – оценивается вероятностью $P_{св}$ решения N задач за время, не дольше требуемого $T_{реш} \leq T_{реш}^{треб}$ вне зависимости от типа задач, режима функционирования и причин несвоевременного решения [110]:

$$P_{св} = \frac{N_{св}}{N},$$

где $P_{св}$ – вероятность своевременного решения; $N_{св}$ – количество случаев решения задачи при котором длительность решения задачи не превысило требуемое время $T_{реш} \leq T_{реш}^{треб}$; N – общее количество решенных задач.

Обобщённым интегральным показателем эффективности системы P может служить свертка показателей безошибочности (правильности) $P_{пр}$ и своевременности решения задач $P_{св}$, так как она оценивает не только правильность формируемых решений, но и вероятность их формирования за требуемое время [110]:

$$P = P_{пр} P_{св}$$

При включения человека в контур управления, параметры безошибочности (правильности) и своевременности решения задач начинают зависеть от длительности и качества уяснения человеком целевой задачи, анализа складывающейся обстановки посредством ЧМИ, скорости и точности принятия человеком решения и ввода этого решения через ЧМИ в систему, а также от правильности принятого решения и количества задач N . Таким образом эргономика ЧМИ играет важную роль в обеспечении качества функционирования ОТС.

4.3. Основные параметры оценки эргономики ЧМИ и способы их улучшения

Существует 4-е основных показателя эргономики ЧМИ (рис. 3.3) [111]:

- 1) скорость работы пользователей;
- 2) количество ошибок, допускаемых пользователем;
- 3) длительность обучения пользователей;
- 4) степень субъективного удовлетворения пользователей.

Рассмотрим эти основные показатели более подробно.



Рис. 3.3. Основные показатели эргономики ЧМИ

4.3.1. Скорость работы пользователей

Скорость работы пользователей определяется суммой следующих частных временных показателей, которые совместно образуют цикл действий пользователя $T_{\text{полз}}$ [111]:

- длительности восприятия информации $T_{\text{восп}}$ через ЧМИ, определяющей исходные данные решаемой задачи и скалывающуюся обстановку;
- длительности принятия решения $T_{\text{реш}}$;
- длительности физических действий пользователя $T_{\text{физ.д}}$ по вводу принятого решения посредством ЧМИ в систему;
- длительности реакции системы $T_{\text{реак.с}}$ (как правило $T_{\text{реак.с}} \ll T_{\text{восп}} + T_{\text{реш}} + T_{\text{физ.д}}$).

Чтобы уменьшить влияние негативных факторов, усложняющих и, соответственно, замедляющих процессы восприятия информации, принятия решений и ввода принятого решения в систему, могут использоваться следующие способы [111]:

- непосредственное манипулирование – пользователь не вводит текстовые команды в систему, а манипулирует визуальными объектами в ЧМИ;
- фокусирование внимания на важных аспектах – обычно фокус внимания пользователя совпадает с фокусом ввода каких-либо данных, поэтому чтобы акцентировать внимание пользователя на важные параметры управляемого процесса нужно сделать соответствующие элементы ЧМИ максимально более заметным. Этого можно добиться, например, цветовым выделением важного элемента ЧМИ;
- объектное восприятие целевого процесса – необходимо обеспечить пользователя информацией о том на каком этапе целевого процесса он находится; какие команды и параметры он уже ввел в систему; на каком этапе он остановился; что именно он должен сделать на текущем этапе в контексте перевода всего управляемого процесса в целевое состояние;
- возможность отмены – пользователю должна быть предоставлена возможность отмены ранее отданных команд или исправления ранее введенных исходных данных.

В отношении длительности физических действий пользователя $T_{\text{физ.д}}$ по вводу принятого решения посредством ЧМИ в систему следует отметить следующее. Как отмечалось выше, подавляющее большинство современных ЧМИ, как правило, представляют собой совокупность экрана, клавиатуры и «мыши». Клавиатура не требует особой точности движений, «мышь» же, напротив, инерционна – есть определенная разница между медленным её перемещением и быстрым, сильным усилием и слабым. Именно поэтому оптимизация использования «мыши» в ЧМИ может существенно повысить общую скорость ввода принятого решения в систему. При этом «мышь» не предназначена для очень

точных манипуляций, поэтому любой маленький интерфейсный элемент будет всегда вызывать проблемы у пользователей [111].

4.3.2. Количество ошибок, допускаемых пользователем

Количество ошибок, допускаемых пользователем, является важным показателем эргономичности ЧМИ. В некоторых случаях ошибки пользователя в отданных командах или в вводе исходных данных относительно легко исправляются. Однако довольно часто минимальная ошибка в отданных командах приводит к совершенно катастрофическим последствиям для системы в целом. Под понятием «ошибка пользователя» или «человеческая ошибка» в контексте эргономики ЧМИ следует понимать такое действие пользователя, которое не совпадает с его целью [111].

Выделяют 4-е основных типа человеческих ошибок (рис. 3.4) [111]:

- ошибки, обусловленные недостаточным знанием тех процессов или предметной области в которой пользователь осуществляет процессы управления;
- опечатки в вводимых командах или данных;
- игнорирование или неправильное считывание показаний ЧМИ о состоянии системы;
- моторные ошибки, возникающие вследствие недостаточной точности действий с механическими средствами ввода информации (манипуляторами, рычагами, регуляторами и проч.).

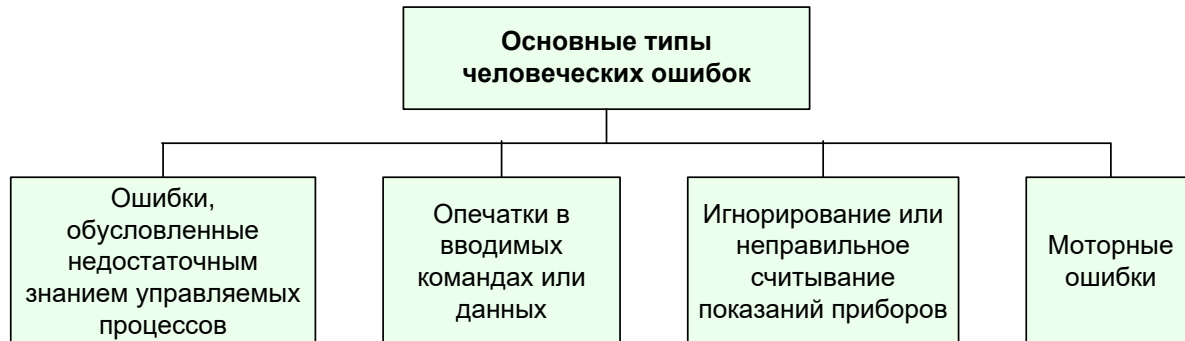


Рис. 3.4. Основные типы человеческих ошибок

Для снижения вероятности возникновения человеческих ошибок разработчикам ЧМИ нужно направлять усилия на [111]:

- обучение пользователей в процессе работы;
- снижение требований к внимательности пользователя;
- повышение разборчивости и заметности индикаторов ЧМИ;
- снижение чувствительности системы к ошибкам пользователя.

Для снижения чувствительности системы к человеческим ошибкам используют следующие основные способы [111]:

- блокировка потенциально опасных действий пользователя до повторного получения от него подтверждения правильности действий;
- проверка системой правильности действий пользователя перед их исполнением;

Таблица 3.1 – Тип поддержки действий пользователя и предотвращения человеческих ошибок [8]

Тип поддержки действий пользователя и предотвращения человеческих ошибок						
Справка по предметной области		Система поддержки принятия решения				
	В справочной системе существуют некоторые рекомендации	Наличие развернутой справочной системы	Интеллектуальная, адаптивная и персонализированная под пользователя СППР	СППР, основанная на частично-автономных моделях управления и политике на политике частичного контроля действий пользователя	СППР, основанная на автономных моделях управления и на политике высокоуровневого контроля действий	Интеллектуальная СППР, реализующее полностью автономное управление системой
Нет поддержки действий пользователей	Требуется тот же набор низкоуровневых, сложных действий пользователя необходимый для настройки системы и управления целевыми процессами. Для выполнения действий пользователь получает некоторую оперативную справочную поддержку по своим действиям. В системе отсутствует проверка правильности действий пользователя перед их исполнением	Пользователь взаимодействует со справочной системой, которая предоставляет важные рекомендации по действиям в различных ситуациях, а также по решению оперативных задач. Производится блокировка потенциально опасных действий пользователя до повторного получения от него подтверждения правильности действий	СППР использует информацию о роли пользователя в системе для определения того, какие варианты управляющих решений и взаимодействия предлагается для пользователя для решения его целевых задач. СППР может предоставлять различные справки, рекомендации и персонализированные под задачи и уровень обученности пользователя. СППР предоставляет пользователю рекомендации что и как должно быть выполнено на каждом этапе управления. Производится блокировка потенциально опасных действий пользователя до повторного получения от него подтверждения правильности действий	Пользователь задает политику управления, а СППР использует эту политику для управления целевыми процессами в автономном режиме. Запросы к пользователю формируются при выходе управляемых процессов за границы заданной политики управления или возникновения аварийной ситуации. СППР использует высокоуровневое взаимодействие с пользователем для настройки системы и управления целевыми процессами. Низкоуровневые особенности управления скрываются от пользователя. СППР обеспечивает проверку правильности действий пользователя перед их исполнением. СППР обеспечивает самостоятельный выбор необходимых действий или параметров в рамках автономных политик управления	Большинство операций настройки системы и управления целевыми процессами полностью автоматизированы и требуют только команды на запуск от пользователя. Функции реконфигурации и оптимизации управления целевыми процессами или восстановления в аварийных ситуациях не требуют действий пользователя. СППР обеспечивает высокоуровневое информирование пользователя о процессах в системе Низкоуровневые процессы скрываются от пользователя. СППР обеспечивает самостоятельный выбор необходимых действий или параметров, при котором от пользователя требуется только их проверка и утверждение	СППР имеет возможность полностью автономно выполнять множество различных сценариев управления и настройки системы под разные цели и задачи. СППР обладает свойством принятия интеллектуальных решений, самоадаптации, самоорганизации и самообучения. Управление осуществляется на основе прогнозируемого состояния системы или прошлого опыта. СППР обеспечивает самостоятельный выбор необходимых действий или параметров без участия пользователя. Человек фактически не управляет системой, а осуществляет контролирующие функции на основе высокоуровневого информирования о состоянии системы

- самостоятельный выбор системой необходимых действий или параметров, при котором от пользователя требуется только их проверка и утверждение (этот способ получил самое широкое распространение в АСУ управления сложными техническими системами, в том числе и военного назначения).

Отметим что в последнее время наметилась тенденция существенного расширения функционала последнего способа снижения чувствительности системы к человеческим ошибкам. Его интеграция с процедурной справкой и с отдельными функциями управления целевыми процессами привело к формированию отдельного класса подсистем управления сложными и быстропротекающими процессами – систем поддержки принятия решения.

Система поддержки принятия решений (СППР) – класс автоматизированных систем, целью которых является помощь людям в быстрой и точной оценке ситуации, в полном и объективном анализе результатов деятельности и принятии обоснованных и правильных управленческих решений.

Данные системы реализуют широкий класс способов поддержки пользователей и предотвращения их ошибок – от выдачи он-лайн рекомендаций по действиям в отдельных ситуациях, до полного формирования интеллектуальных решений по действиям в сложных ситуациях с выдачей их на утверждение пользователю с последующими автономными действиями по управлению целевыми процессами. Особенности реализации функций управления в системе при различной степени интеллектуализации и автономности СППР представлено в таблице 3.1.

4.3.3. Длительность обучения пользователей

По отношению к таким универсальным ЧМИ как совокупность экрана, клавиатуры и «мыши» пользовательский интерфейс должен быть таким чтобы предоставлять возможность работы с системой для любого пользователя, с минимальными навыками работы с вычислительной техникой. При этом целенаправленное обучение пользователей работе ЧМИ, как правило, не производится. Пользователь обучается пользоваться ЧМИ только в том случае, если система или управляемые процессы являются достаточно специфическими и без дополнительных знаний осуществлять управление ими невозможно.

В целом, длительность обучения пользователя можно оценить временем по прошествии которого пользователь перестает совершать «человеческие ошибки» при работе с ЧМИ своевременно вводя через него правильно принятые решения.

Считается, что в случае ЧМИ есть два способа снизить длительность обучения пользователей, а именно – повысить общую «ясность» системы и внедрить в ЧМИ обучающие материалы.

Для формирования общей «ясности» ЧМИ необходимо взаимоувязать в сознании пользователя совокупность следующих аспектов:

- образно-концептуальную модель управляемых процессов, сформированную в сознании пользователя (рис. 2.19);

- метафору элементов ЧМИ – перенос свойств с одного элемента ЧМИ на другой на основе их сходства в каком-либо отношении или различия;
- аффорданс элементов ЧМИ – свойство элементов ЧМИ, которое позволяет использовать их определённым образом;
- стандартизация элементов ЧМИ.

Например, трёхмерная кнопка на экране ЧМИ выглядит так же, как и реальная кнопка, что подсказывает пользователю, что надо на неё нажать «мышкой». При этом кнопки выглядят одинаково, чтобы пользователи ожидали от них одинаковой реакции, например, выполнения операции, написанной на кнопке [111].

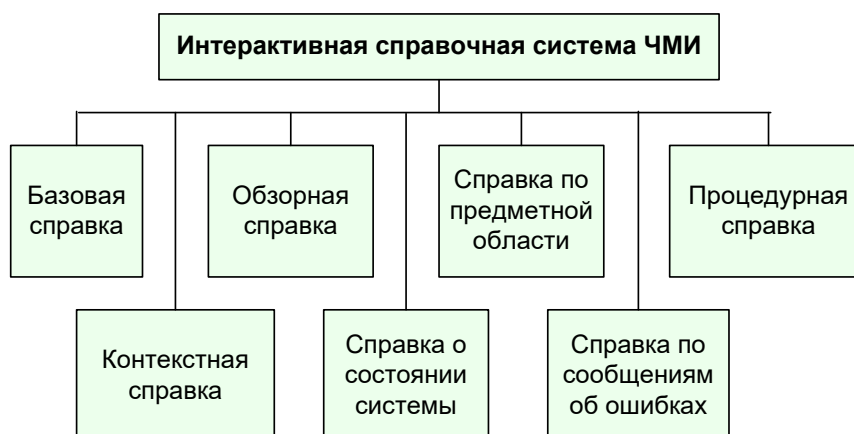


Рис. 3.5. Состав интерактивной справочной системы ЧМИ

Обучающие материалы по ЧМИ, являются интерактивной справочной системой и, как правило, состоят из (рис. 3.5) [111]:

- базовой справки (поясняет пользователю сущность и назначение системы);
- обзорной справки (поясняет пользователю наиболее важные или часто используемые функции системы);
- справки по предметной области (советует, как лучше поступить в тех или иных ситуациях);
- процедурной справки (объясняет, как пользоваться той или иной функцией);
- контекстной справки (объясняет пользователю семантику конкретного элемента ЧМИ);
- справки о состоянии системы (поясняет, что происходит в системе в настоящий момент);
- справка по сообщениям об ошибках.

Формы справочных материалов [111]:

- бумажное справочное руководство (позволяет легко получить большой объем материала за один сеанс ознакомления);
- структурированная электронная документация;
- фрагменты элементов ЧМИ, показывающие справочную информацию;
- всплывающие подсказки

Поскольку пользователи обращаются к справочной системе при возникновении проблем, её следует организовать спиралевидным образом: пользователь последовательно получает ответ на свой вопрос в возрастающем объёме. Если краткого ответа недостаточно, предлагается более подробный и так до тех пор, пока проблема не будет решена [111].

4.3.4. Степень субъективного удовлетворения пользователей

Пользователи воспринимают по-разному различные ЧМИ. Для повышения степени субъективного удовлетворения пользователей по отношению к ЧМИ целесообразно применить основные принципы современного дизайна [111]:

- внимание к деталям;
- интерфейс не самоцель, ценен эффективный информационный обмен пользователя с системой посредством него;
- интерфейс передаёт информацию своему пользователю;
- интерфейс обычно предназначен для длительного использования;
- интерфейс должен быть функциональным;
- интерфейс системы формируется не сам по себе, а во взаимосвязи с целями и задачами системы, а также функциями пользователя.

Для субъективной визуальной гармонизации экранного ЧМИ, можно использовать следующие принципы дизайна [111]:

- избегать развязности форм;
- избегать ярких цветов;
- избегать острых углов;
- добиваться контраста не сменой насыщенности элементов, а расположением пустот;
- интерфейс должен соответствовать визуальными закономерностями;
- необходимо использовать модульные сетки (привязывать все элементы ЧМИ к узлам воображаемой сетки);
- привязывать все размеры и координаты (как минимум пропорции диалоговых окон ЧМИ) к золотому сечению.

Повышение субъективной скорости действий при работе с ЧМИ можно реализовать двумя способами [111]:

- заполнение пауз между событиями – чем больше информации ЧМИ предъявляет пользователю в паузах между его активными действиями, тем меньше субъективное время;
- разделение крупных действий пользователей на более мелкие, при этом количество работы увеличивается, но зато субъективная длительность этой работы снижается.

Отметим, что субъективная скорость действий напрямую зависит от уровня активности пользователя – субъективная длительность последовательности действий всегда ниже такой же по времени паузы [111].

При работе с ЧМИ пользователям может быть свойственно психологическое напряжение (стресс) возникающий из-за страха нарушить нормальное те-

чение управляемых процессов, совершить неправильное действие, отдать неверную команду и т.д. Уровень стресса повышается если пользователь управляет сложным процессом или объектом, при этом управление основано на необходимости учитывать множество факторов и действия пользователя необратимы (например, пилот управляет самолетом в сложных условиях полета) [111].

Снижение субъективного психологического напряжения можно обеспечить реализацией возможности отмены пользователем своих предыдущих действий там, где это возможно, без ограничений на количество и тип отменяемых действий. Пользователь, знающий, что он не может совершить ошибку, испытывает существенно меньший уровень стресса. Также хорошим решением является скрыть или затруднить доступ пользователя к элементам ЧМИ, которые представляют опасность для работы системы или ведут к важным необратимым действиям (например, сокрытие системных файлов в файловом проводнике операционной системы Windows или дополнительные предохранительные колпачки на кнопках применения оружия в ЧМИ военной техники) [111].

Другим фактором, существенно влияющим на субъективное психологическое напряжение является уверенность пользователя в контроле над системой. Для неопытных пользователей ощущение того, что они не способны полностью контролировать работу, например, компьютера, является сильнейшим источником стресса. Для снижения такого стресса у пользователей ЧМИ должен создавать ощущение, что ничего не может произойти, пока этого не захочется пользователю [111].

Еще одним источником стресса для пользователей являются сообщения об ошибках. Большинство сообщений об ошибках в действительности не являются сообщениями об ошибках, а показывают пользователю, что система, которой он пользуется: недостаточно гибка, чтобы приспособиться к его действиям; недостаточно умна, чтобы показать ему его возможные последствия и рамки его действия (рис. 3.6).

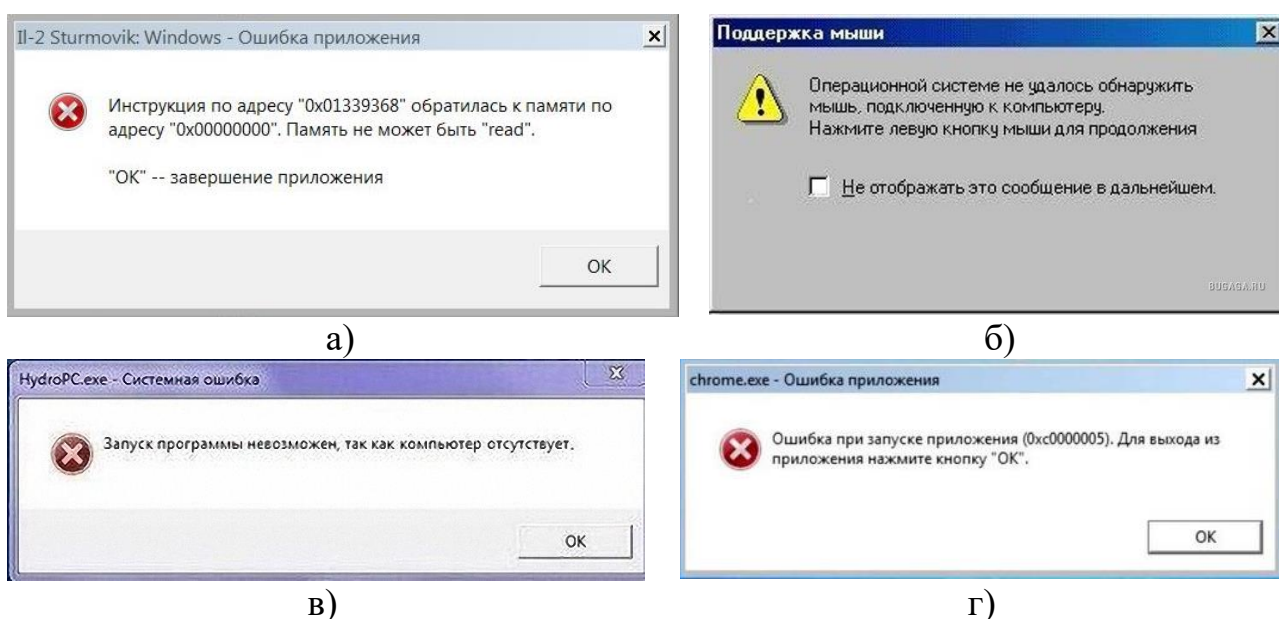


Рис. 3.6. Некорректные сообщения об ошибках

Чтобы минимизировать психологическое напряжение пользователя идеальное сообщение об ошибке должно ясно и точно отвечать на три вопроса:

- 1) в чем заключается проблема?
- 2) как исправить эту проблему сейчас?
- 3) как сделать так, чтобы проблема не повторилась?

Так наиболее удобным образом выдавать сообщение об ошибке является всплывающая подсказка: она содержит небольшое количество ясной и понятной информации, локализует место совершения ошибки и не отвлекает внимание пользователя от работы с системой [111].

4.4. Основные подходы и методики разработки ЧМИ

В настоящее время известно несколько подходов и методик, обеспечивающих разработку эргономичных ЧМИ (рис. 3.7). Рассмотрим наиболее основные из них по материалам работ [10, 117, 118].

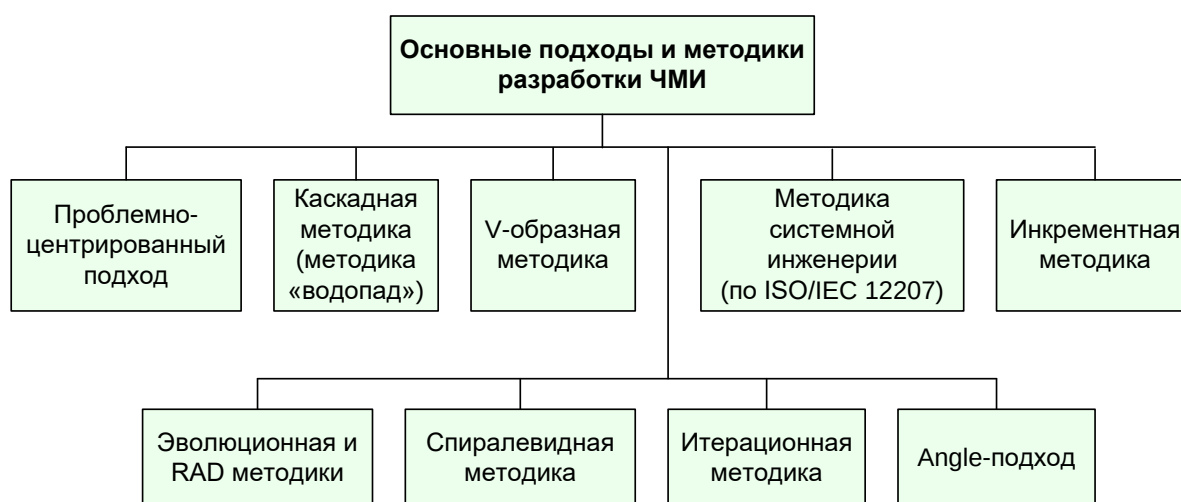


Рис. 3.7. Основные подходы и методики разработки ЧМИ

4.4.1. Проблемно-центрированный подход

Одним из наиболее эффективных подходов к разработке ЧМИ, является проблемно-центрированный подход, в основу которого положена ориентация на специфику задач, которые нужно будет решать пользователю в системе. Эти задачи, как правило, уже известны на самой ранней стадии разработки системы, и они могут использоваться для формирования требований к ЧМИ. Это позволяет вести разработку ЧМИ параллельно с разработкой самой системы [10].

Основными этапами проблемно-центрированного подхода разработки ЧМИ являются [10]:

- анализ целей и задач системы;
- анализ задач, решаемых пользователем и действий которые требуются от них;
- анализ навыков, возможностей и уровня компетенции пользователей;
- выбор наиболее типовых задач;

- заимствование наиболее удачных элементов и возможностей взаимодействия из других ЧМИ для решения сходных типовых задач;
- предварительное формирование эскизного проекта по дизайну ЧМИ;
- анализ эргономики эскизного проекта дизайна ЧМИ;
- создание макета или прототипа ЧМИ;
- тестирование ЧМИ с пользователями;
- итерационный процесс улучшения эргономики ЧМИ на основе результатов его тестирования пользователями;
- формирование окончательной версии ЧМИ, встраивание его в систему;
- отслеживание эргономики ЧМИ в процессе эксплуатации, выявление проблемных аспектов или возможностей по улучшению;
- улучшение и доработка ЧМИ.

В более полном виде проблемно-центрированный подход к разработке ЧМИ изложен в работе [10].

4.4.2. Каскадная методика (методика «водопад»)

Каскадная методика (или как ее еще называют методика «водопад») разработки ЧМИ основывается на довольно старой, но хорошо себя зарекомендовавшей методике последовательного прохождения всех основных этапов проектирования технических систем, которая нашла широкое распространение в практике. Особенностью этой методики является жесткая иерархия этапов разработки, четкая постановка задачи на каждый этап, а также то, что каждый из этапов должен полностью завершиться до начала следующего этапа. Основными этапами каскадной методики разработки ЧМИ являются (рис. 3.8):

- определение требований к ЧМИ;
- формирование эскизного проекта по дизайну ЧМИ;
- проектирование ЧМИ;
- реализация ЧМИ;
- тестирование и отладка ЧМИ;
- интеграция ЧМИ в систему;
- поддержка эксплуатации ЧМИ: внесение новой функциональности и устранение ошибок.

Достоинством этой методики является то, что проект в достаточной степени проработан уже на начальных стадиях проекта, отдельные этапы четко регламентированы, в связи с чем относительно легко определить стоимость его реализации и запланировать расход трудоресурсов проектной команды.

Недостатком этой методики являются то, что ЧМИ, разработанные по данной методике без глубоко обоснованного выбора исходных требований и дизайна ЧМИ, могут иметь недостатки, о которых становится известно лишь в конце разработки на этапе тестирования. При этом стоимость внесения изменений в готовое решение ЧМИ высока, так как для ее инициализации приходится ждать завершения всего проекта.

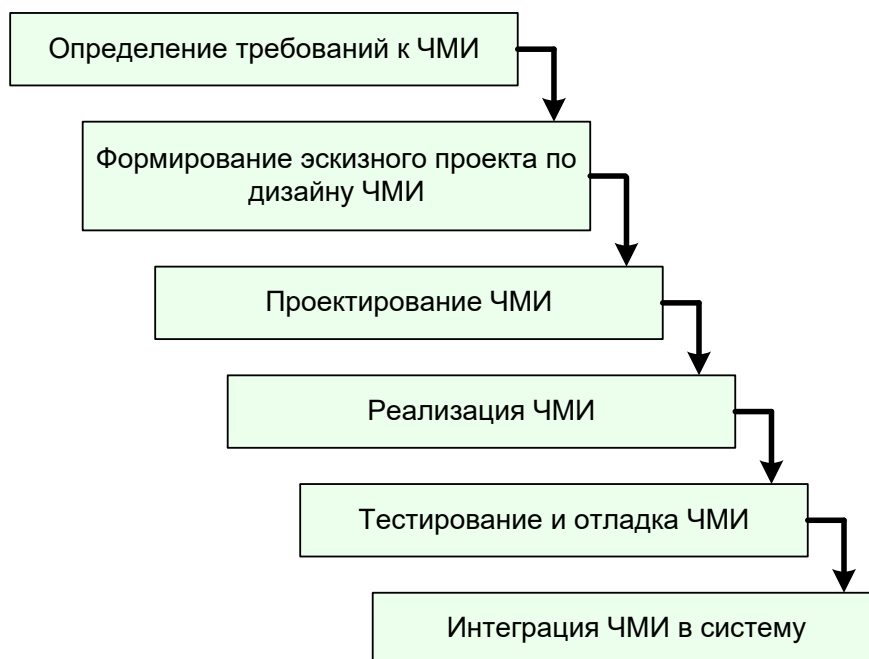


Рис. 3.8. Каскадная методика разработки ЧМИ [117, 118]

4.4.3. V-образная методика

V-образная методика разработки ЧМИ является усовершенствованной каскадной методикой, в которой после каждого этапа проектирования добавлен этап тестирования – рис. 3.9.

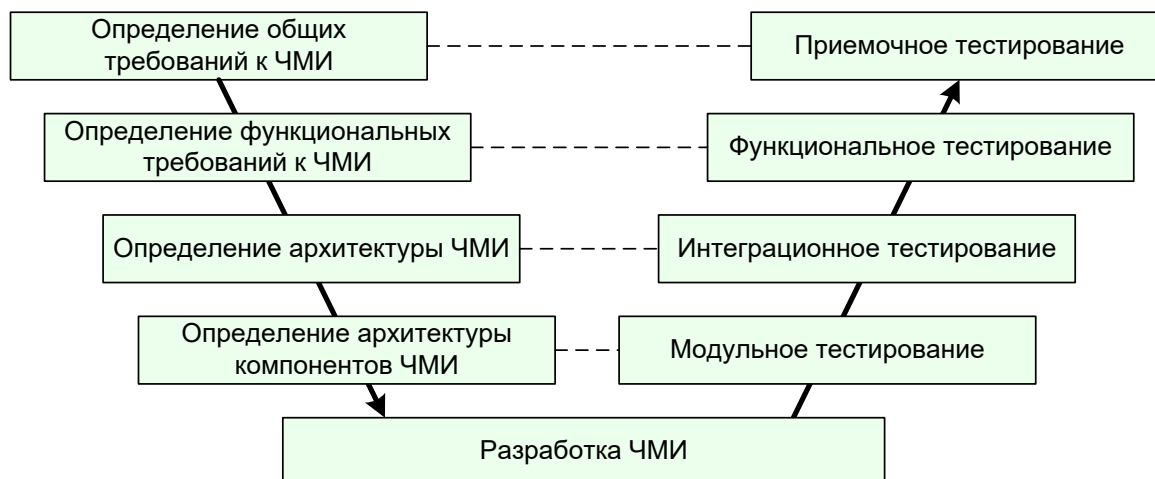


Рис. 3.9. V-образная методика разработки ЧМИ [117, 118]

В этой методике после завершения каждого этапа подготавливается отчет о проделанной работе, а также проводится тестирование. Если, к примеру, будет найдена ошибка на очередном этапе, то проект отправится на доработку на этап ниже, но при этом он также переходит и на новый этап, где продолжается его разработка. В таком случае есть вероятность, что некоторые этапы растягиваются на все время разработки и не оканчиваются в свое время. Рабочая версия ЧМИ появляется только при завершении всех этапов.

Преимуществом V-образной методики является минимизация количества ошибок в ЧМИ.

Недостатком V-образной методики является то, что если при разработке ЧМИ была допущена ошибка, то вернуться и исправить её будет также трудозатратно, как и в методике «водопад».

4.4.4. Методика системной инженерии, в соответствии со стандартом ISO/IEC 12207

Данная методика, регламентируется международным стандартом ISO/IEC/IEEE 12207 Systems and software engineering – Software life cycle processes [123] и применима к ЧМИ, реализованных в виде интерфейсов ПО. Надо отметить что в 2012 г. в РФ принят стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [124], который практически полностью идентичен международному стандарту ISO/IEC/IEEE 12207.

В соответствии с данным стандартом проектирование ЧМИ может вестись по следующим этапам:

- определение требований к ЧМИ со стороны заказчика;
- анализ системных требований к ЧМИ;
- анализ требований к программной реализации ЧМИ;
- проектирование ЧМИ с учетом архитектуры системы;
- реализация ЧМИ;
- комплексирование и внедрение ЧМИ в систему;
- квалифицированное тестирование ЧМИ;
- поддержка и сопровождение функционирования ЧМИ, в том числе доработка ЧМИ;
- изъятие ЧМИ из системы, замена его более новым ЧМИ.

Стандарт ISO/IEC/IEEE 12207 довольно подробно описывает не только процесс проектирования ПО, но и процессы эксплуатации и внедрения, по своей сути, формируя подробную развернутую модель жизненного цикла ПО (рис. 3.10).

Процессы, действия и задачи приведены в стандарте ISO/IEC/IEEE 12207 в наиболее общей естественной последовательности, которая в общем соответствует методике «водопад». Однако, это не значит, что в такой же последовательности эти этапы должны быть применены и при разработке ЧМИ. В зависимости от особенностей проекта процессы, действия и задачи стандарта выбираются, упорядочиваются и включаются в процесс разработки. При таком включении они могут перекрывать, прерывать друг друга, выполняться итерационно или рекурсивно. Такой гибкий характер стандарта позволяет реализовать с его помощью произвольную модель проектирования ЧМИ. Из данного стандарта можно выбрать только те процессы, которые более всего подходят для реализации конкретного ЧМИ. Обязательными являются основные проектные процессы, которые присутствуют во всех известных моделях жизненного цикла ПО. В зависимости от целей и задач ЧМИ они могут быть пополнены дополнительными (документирование, обеспечение качества, верификация и ва-

лидация и т.п.) и организационными (планирование, управление и др.) процессами из этого стандарта.

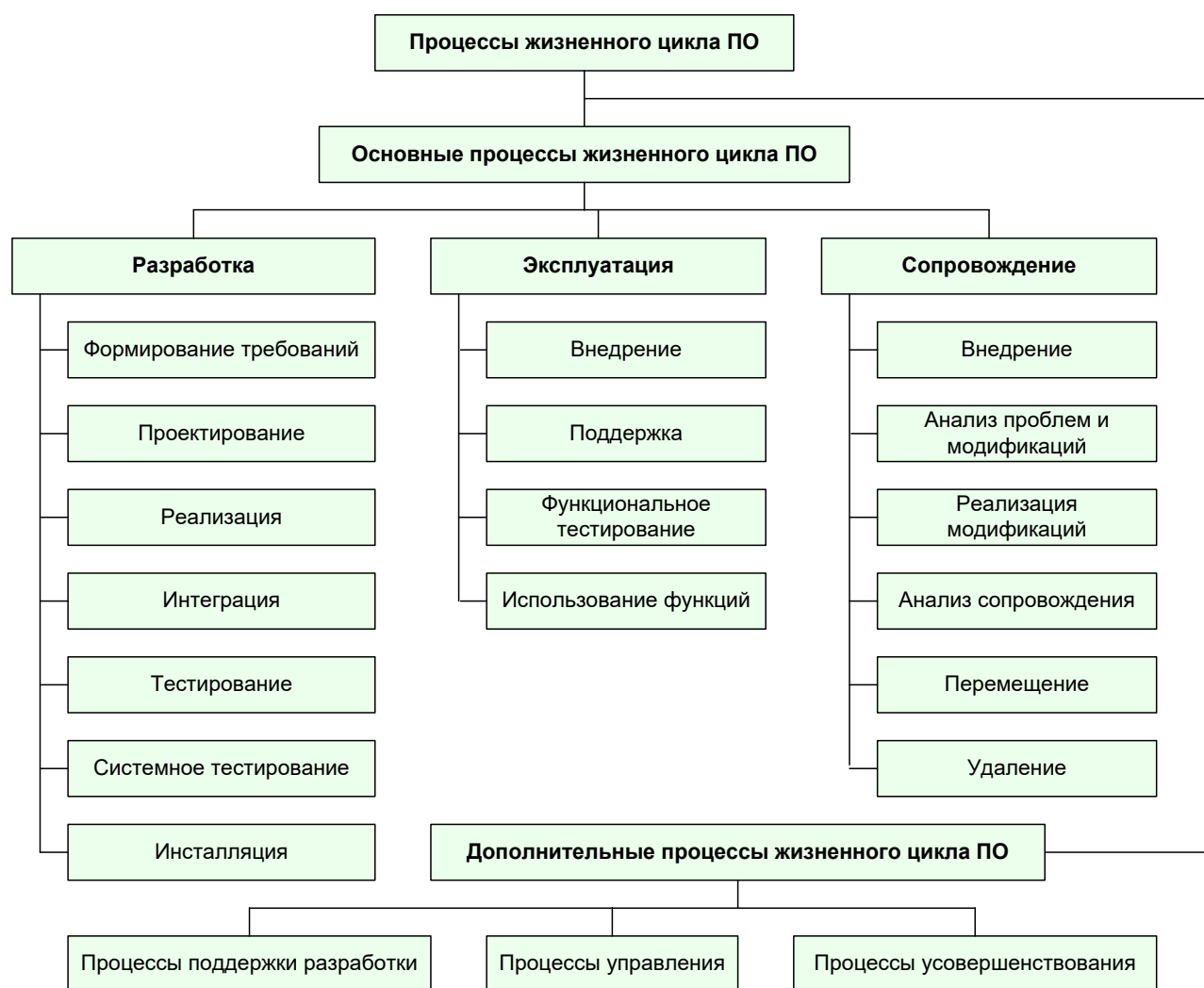


Рис. 3.10. Модель жизненного цикла ПО по ISO/IEC/IEEE 12207 [125]

4.4.5. Инкрементная методика

В инкрементной методике этапы разработки ЧМИ делятся на различные ее версии. Терминология часто используется для описания поэтапной сборки ПО. Первая версия ЧМИ реализует минимальную часть требований, в последующую версию добавляют дополнительную функциональность и так до тех пор, пока не будут окончательно выполнены все требования и решены все задачи разработки ЧМИ. То есть разработка по инкрементной методике предполагает выпуск на первом большом этапе ЧМИ в базовой функциональности, а затем уже последовательное добавление в него новых функций, так называемых «инкрементов». При этом разработка этих «инкрементов» может вестись параллельно, различными командами разработчиков, в рамках нескольких версий продукта. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет создана окончательная версия ЧМИ (рис. 3.11).

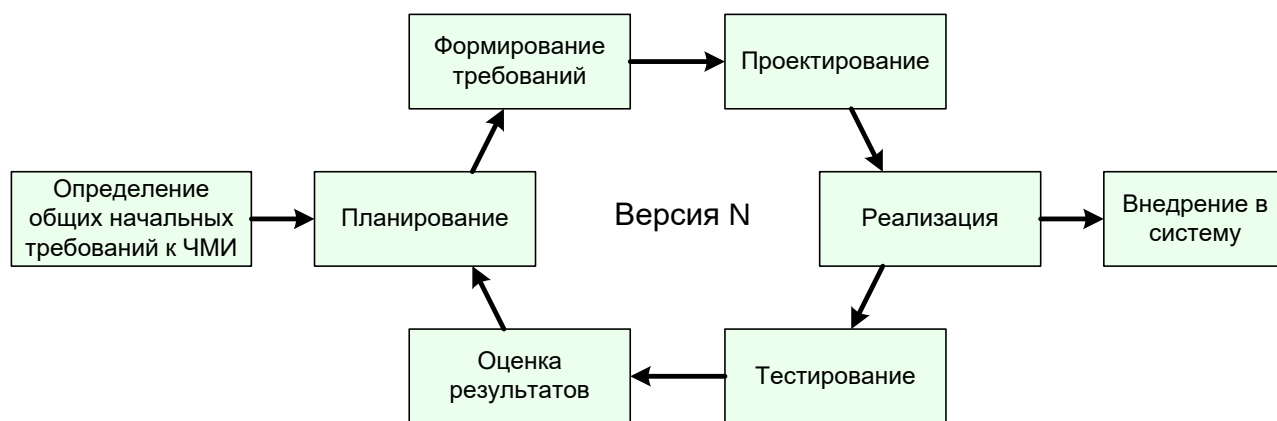


Рис. 3.11. Инкрементная методика разработки ЧМИ [125, 126]

Данную методику целесообразно использовать, в случаях когда:

- желательно реализовать некоторые базовые возможности ЧМИ быстро за счет создания ее промежуточной версии;
- разработка ЧМИ легко декомпозируется на отдельные составные части, которые можно реализовывать как некоторые самостоятельные промежуточные или готовые версии;
- возможно увеличение финансирования на разработку отдельных частей ЧМИ.

Развитием инкрементной методики являются эволюционная методика, методика быстрой разработки приложений RAD (Rapid Application Development), спиралевидная методика и итерационная методика разработки ЧМИ.

4.4.6. Эволюционная и RAD методики

Эволюционная методика предполагает, что ЧМИ разрабатывается в виде последовательности этапов. В отличие от инкрементной методики подразумевается, что требования к итоговому продукту устанавливаются частично и уточняются в каждом последующем промежуточном этапе разработки.

Эта методика применяется для разработки несложных и не критических ЧМИ, для которых главным требованием является реализация базовых функций. При этом требования могут быть не определены сразу и полностью. Тогда разработка ЧМИ проводится итерационно путем ее эволюционного развития с получением некоторого начального варианта системы – прототипа, на котором проверяется реализация основных требований и базовой функциональности.

В соответствии с этой методикой процесс разработки ЧМИ сводится к следующим основным этапам, циклически повторяемых до получения готовой реализации ЧМИ (рис. 3.12):

- формирование функционального прототипа;
- проектирование ЧМИ;
- реализация ЧМИ.

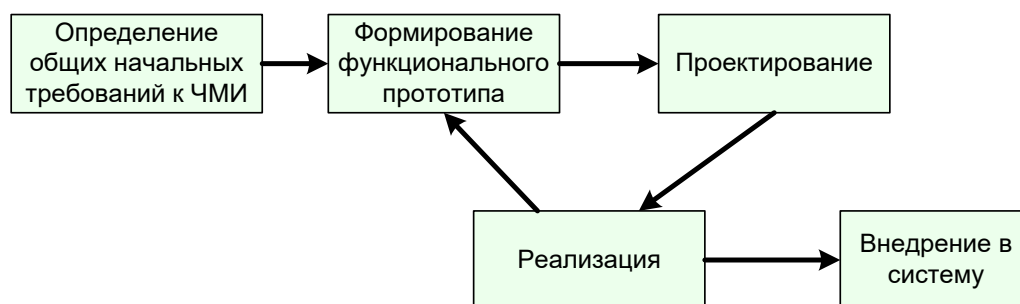


Рис. 3.12. Эволюционная методика разработки ЧМИ на основе эволюционного прототипирования [125]

RAD-методика – разновидность инкрементной модели. В RAD-методике компоненты или функции ЧМИ разрабатываются несколькими командами параллельно, как несколько подпроектов. Временные рамки одного цикла жестко ограничены. Затем отдельные результаты интегрируются в один рабочий прототип ЧМИ.

4.4.7. Спиралевидная методика

Используя эту методику, команда разработчиков выполняет разработку ЧМИ итерациями. При этом, на каждой итерации последовательно проходят этапы: разработки требований; проектирования; реализации; тестирования. После каждой итерации получается очередная работоспособная версия ЧМИ, при этом анализируются требования к итоговому результату и принимается решение либо о разработке более лучшей версии ЧМИ, либо о его внедрении.



Рис. 3.13. Спиралевидная методика разработки ЧМИ [125]

Отличие этой методики от каскадной состоит в возможности обеспечивать многоразовое возвращение к процессу формирования требований и к повторной разработке с любого процесса выполнения работ. На изображенной методике (рис. 3.13), каждый виток спирали соответствует более сложной и функциональной версии ЧМИ. Так же особенностью этой методики является

анализ эффективности/стоимости и рисков при определении целесообразности развития проекта при окончании каждого витка спирали.

При необходимости внесения изменений в ЧМИ на каждом витке с целью получения новой версии ЧМИ обязательно вносятся изменения в предварительно зафиксированные требования, после чего происходит возврат на предыдущий виток спирали для продолжения реализации новой версии ЧМИ с учетом изменений.

Недостатками спиралевидной методики являются то, что существует риск «застревания» на начальном этапе из-за бесконечных совершенствований самой первой версии ЧМИ, а также долговременность и дороговизна разработки функционально-насыщенных версий ЧМИ.

4.4.8. Итерационная методика

Итерационная методика разработки ЧМИ не требует для начала проектирования формирования полной спецификации требований к ЧМИ. Вместо этого, создание начинается с реализации части функционала, становящейся базой для определения дальнейших требований, дальнейшего проектирования и реализации версий. В дальнейшем этот процесс повторяется. В целом итерационная методика соответствует инкрементной методике, когда продукт совершенствуется целиком, без разбивания на отдельные подпроекты, от версии к версии усложняясь и повышая свою функциональность.

Преимуществами итерационной методики является возможность быстрого выпуска минимально-функционального продукта, оперативная обратная связь от заказчика и пользователей, а также то, что постоянное тестирование пользователями позволяет быстро обнаруживать и устранять ошибки в продукте.

К недостаткам итерационной методики можно отнести отсутствие фиксированного бюджета и сроков выполнения. Зачастую при такой непонятно как выглядит конечная продукт и когда закончится разработка.

Итерационная методика подходит для работы над большими проектами с неопределёнными требованиями, либо для задач с инновационным подходом, когда заказчик не уверен в результате.

4.4.9. Angle – гибкий подход к разработке

На основе итеративной методики был придуман популярный ныне гибкий подход к разработке – Agile (от англ. «живой», «подвижный»). И это, действительно подход, а не отдельная методика, потому что внутри проекта, который ведется по Agile, на разных этапах могут применяться как каскадные, так и итерационные методики.

В основе Angle-подхода стоит разбиение разработки на множество отдельных задач, которые разные специалисты могут выполнять практически независимо друг от друга. При этом ежедневно проходят встречи команды разработчиков, где обсуждается текущий прогресс проекта. Разработка при этом делится на этапы – так называемые спринты, в ходе которых команда должна достигнуть определенного конечного результата. В Angle-подходе применяется

философия готовности к изменениям, сотрудничества с заказчиком и пользователем, а не следование контракту, нацеленности не на описание документации, а на создание рабочего продукта, а также важности самоорганизации людей, занятых в проекте.

Такой подход хорошо работает, когда есть много идей и на начальном этапе не ясно, какие из них будут реализованы, а с течением времени еще и появляются новые идеи. Agile-подход также подходит для больших или нацеленных на длительный жизненный цикл проектов, постоянно адаптируемых к условиям рынка.

Преимуществами Agile-подхода является: возможность начать разработку ЧМИ без четкого плана, имея лишь набор идей; возможность быстро увидеть даже минимальный результат работы и вносить изменения на ходу, что уменьшает вероятность необходимости доработок на поздних этапах; более низкая стоимость поэтапной разработки, а также возможность постоянной адаптации продукта к изменяющимся условиям и требованиям из-за наличия коротких спринтов.

Недостатком Agile-подхода является то, что часто из-за отсутствия конкретных формулировок результатов сложно оценить бюджет и время, требуемые на разработку полнофункционального продукта.

4.5. Основные методики анализа эргономичности ЧМИ

Одним из основных этапов при разработке ЧМИ является этап тестирования, когда, помимо тестирования работоспособности отдельных элементов ЧМИ, чрезвычайно важным является анализ эргономичности текущей версии продукта. Нацеленность на повышение именно эргономичности, в рамках перехода от одной версии продукта к другой, отличает проекты по разработке ЧМИ от проектов по разработке других ТС или ПО.

В настоящее время к основным методикам анализа эргономичности, которые применяются на этапах тестирования при разработке ЧМИ, можно отнести:

- методику CWT-анализа;
- методику GOMS-анализа.

Рассмотрим эти методики более подробно далее.

4.5.1. Методика CWT-анализа

Название этой методики образовано от английских слов Cognitive Walk-through (познавательный сквозной контроль). CWT-анализ – это формализованный способ представления мыслей и действий пользователей, когда они пользуются ЧМИ в первый раз. CWT-анализ применяется на этапе анализа эргономики предварительного проекта дизайна ЧМИ и позволяет обнаружить несколько типов проблем взаимодействия пользователя с ЧМИ [10]:

- поставить под сомнение первоначальные и не вполне обоснованные предположения разработчика о том, как мыслит пользователь;

- выявлять элементы управления, которые очевидны для разработчика, но могут быть непонятны пользователю;
- выявлять затруднения с использованием справочной системы.
- обнаруживать неадекватную обратную связь пользователя с управляемым процессом, что может привести к попыткам пользователя сомневаться в конечном результате и провоцировать новые возможно неправильные действия;
- продемонстрировать недостатки в текущем варианте ЧМИ с точки зрения пользователя.

Основные рекомендации по проведению SWT-анализа сводятся к оценкам ответов на следующие вопросы [10]:

- будут ли пользователи пытаться достичь того или иного целевого эффекта, с помощью выполнения определенных действий?
- найдут ли пользователи элемент управления (кнопку, меню, переключатель и т.д.) для осуществления требуемого действия?
- если пользователи нашли элемент управления, поймут ли они, что он производит именно тот эффект, который им нужен?
- после того как действие произведено, будет ли понятен пользователям отклик системы, который они получают, чтобы быть уверенным что они осуществили именно то действие, которое привело к требуемому целевому эффекту?

SWT-анализ фокусируется в основном на проблемных аспектах, которые возникают у пользователей при первом взаимодействии с ЧМИ, без предварительного обучения или предварительных тренировок. Такая постановка вопроса чрезвычайно важна для таких систем как банкоматы или терминалы оплаты [10]. Однако, сходные ситуации могут возникнуть при необходимости пользователя взаимодействовать с уже знакомым ЧМИ в новой ситуации. Примером этого может быть взаимодействие пилота с ЧМИ самолета при управлении самолетом в нештатной критической ситуации.

4.5.1. Методика GOMS-анализа

Аббревиатура GOMS означает «Goals, Operations, Methods, Selections rules» – цели, операции, методы, правила выбора. В отличие от SWT-анализа, GOMS-анализ ориентирован на оценку эффективности работы пользователя с уже знакомым ЧМИ по показателям трудоемкости выполнения типовых задач. GOMS-анализ состоит из формального описания задач (goals) пользователя, необходимых для достижения цели функционирования системы. Задачи представляются последовательностями действий с ЧМИ (в терминологии GOMS-анализа – methods), состоящих из отдельных элементарных операций (operations), которые выполняет пользователь. Задачи, действия и операции образуют иерархическую структуру достижения цели. Если существует более одного пути в этой структуре, то целью GOMS-анализ является выработка правил выбора (selections rules) наименее трудоемкого пути достижения цели [10, 98].

Общая последовательность проведения GOMS-анализа следующая [10, 98]:

- цель перевода системы в требуемое состояние разбивается на задачи (goals), которые должны быть выполнены путем взаимодействия с ЧМИ;
- для каждой задачи описываются действия (methods) пользователя;
- сложные действия, могут описываться через последовательности более простых действий;
- для каждого действия формируется конечная последовательность элементарных операций (operations);
- добавляются паузы на мыслительную подготовку пользователя к совершению операций и на ожидание отклика ЧМИ на уже совершенные операции;
- считается общее время в секундах, затрачиваемое пользователем на достижение цели или решения конкретной задачи.

Для универсального компьютерного ЧМИ в виде совокупности экрана, клавиатуры и «мыши» взаимодействие в формализме GOMS-анализа можно описать последовательностью следующих элементарных операций [10, 98]:

- операция K – нажатие одной определённой клавиши из группы случайно взятых букв – 0,5 с;
- операция $T(n)$ – последовательность нажатия n клавиш при наборе осмысленного текста – $n \cdot 0,28$ с
- операция B – нажатие кнопки «мыши» – 0,2 с;
- операция BB – двойное нажатие кнопки «мыши» – 0,5 с;
- операция P – наведение указателя «мыши» на нужный объект на экране – 1,1 с;
- операция H – перенос руки с клавиатуры на «мышь» или наоборот – 0,4 с;
- операция D – проведение с помощью мыши прямой линии (например, выделение или прокрутка текста) – 2 с;
- операция W – ожидание ответной реакции системы. Для быстрой реакции системы это время следует выбрать равным нулю, для субъективно ощутимой реакции – от 0,25 с;
- операция M – мыслительная подготовка к осуществлению одной из вышеперечисленных операций – 1,35 с.

GOMS-анализ позволяет оценить, сколько времени и элементарных операций потребуется опытному пользователю для достижения заданной цели при использовании данной модели интерфейса. Более подробные сведения о GOMS-анализе можно найти в работах [10, 98].

4.6. Основные принципы разработки эргономичного ЧМИ

Проблематика формирования эргономичных ЧМИ не нова и за время изучения проблем создания ЧМИ специалистами в этой области был выработан

ряд относительно универсальных принципов построения эргономичного ЧМИ. Эти правила далее приводятся, в виде обобщения принципов эргономики из материалов [9-11, 98, 112, 113].

4.6.1. Основные принципы создания ЧМИ

Общие принципы создания ЧМИ приводятся в соответствии с работой [10].

Естественность и интуитивная понятность. Работа с ЧМИ не должна вызывать у пользователя сложностей в поиске необходимых элементов интерфейса для управления процессом решения поставленной задачи.

Непротиворечивость. Если в процессе работы пользователя с ЧМИ ранее уже были использованы определённые приемы работы с некоторой частью системы, то в другой части системы эти приемы работы должны быть идентичными или схожими. Также работа с системой посредством ЧМИ должна соответствовать установленным, привычным нормам.

Неизбыточность. Это означает, что пользователь должен вводить только минимальную информацию для решения целевой задачи или управления системой. Пользователь не должен вводить незначущую или избыточную информацию. Также, нецелесообразно требовать от пользователя ввести информацию, которая была ранее введена или которая может быть автоматически получена из системы. Желательно использовать значения по умолчанию там, где только это возможно, чтобы минимизировать процесс ввода информации пользователем.

Доступ к системе помощи. В процессе работы необходимо, чтобы ЧМИ обеспечивал пользователя необходимыми инструкциями по работе. Система помощи должна отвечает трем основным требованиям: высокое качество и количество обеспечиваемых команд; высоко информативные сообщений об ошибках; разъяснение того, что система делает после совершения пользователем тех или иных действий. Сообщения об ошибках должны быть в достаточной степени ясными, полными и полезными пользователю.

Гибкость. ЧМИ должен обеспечивать работу пользователей с различными уровнями знаний и обученности. Для неопытных пользователей интерфейс может быть организован в виде простого набора элементарных действий, для опытных пользователей – как совокупность большого множества команд, комбинаций нажатий клавиш и вводимых параметров.

4.6.2. Принципы Нильсона-Молича

В 1990 г. Якоб Нильсен (Jakob Nielsen), известный консультант по веб-дизайну и партнер в Nielsen Norman Group, вместе с Рольфом Моличем (Rolf Molich) – еще одним выдающимся экспертом по вопросам использования продуктов, обнародовали основные принципы, которые могли бы помочь в разработке удобного интерфейса. Далее эти принципы приводятся в том виде в котором они изложены в работах [11, 112].

Обеспечьте простое и естественное взаимодействие. Простота означает, что не должно присутствовать не относящейся к целевой задаче или редко ис-

пользуемой информации. Следует добиваться максимального следования задачам пользователя, минимизируя сложность поиска соответствия между сутью решаемой задачи и интерфейсом. ЧМИ должен представить только ту информацию, в которой нуждается пользователь, следуя принципу «лучше меньше, да лучше». Естественность означает, что информация, которая предоставляется пользователю в процессе решения целевой задачи, должна появляться в естественном порядке, в соответствии с ожиданиями пользователя. При этом взаимосвязанная между собой информация должна группироваться в одном месте.

Видимость статуса системы. Пользователь всегда должен понимать, что происходит. Задача ЧМИ – вовремя информировать пользователя о происходящих процессах в системе. Продолжайте предоставлять информацию о происходящих процессах до тех пор, пока она не перестанет быть нужной.

Нужно взаимодействовать на языке пользователя. Следует использовать те слова, термины и понятия, которыми оперирует пользователь в реальном мире. Не нужно использовать специфические инженерные или научные термины, которые могут быть неверно поняты или могут быть не поняты совсем. Информация должна быть не только понятной, но и должна быть представлена упорядоченном логическом порядке.

Узнавание, а не воспоминание. Следует использовать узнаваемые обозначения, образы и сценарии. Не нужно создавать проблем пользователю, заставляя его думать, как правильно пользоваться системой. Не заставляйте пользователя помнить множество параметров при переходе от одного действия к другому.

Будьте последовательны, используйте унификацию и стандартизацию. Различные ЧМИ в рамках одной системы и различные дизайны интерфейсов в рамках одного ЧМИ должны быть однородны. Должно обеспечиваться единство функций, обозначений и понятий в рамках всех ЧМИ системы. У пользователей должна быть возможность изучить действия относительно одной части системы и возможность с теми же результатами применить их снова в других частях системы.

Пользовательский контроль и свобода действий. Дайте пользователю возможность заблаговременно увидеть к какому результату приведут его действия. Пользователь должен иметь возможность быстро отменить свои действия. Система должна поддерживать возможность отмены и повтора действий пользователя.

Гибкость и удобство использования. ЧМИ должен быть одинаково удобен как для опытных, так и для неопытных пользователей. Требуется проектировать взаимодействие таким образом, чтобы пользователь сам мог выбрать комфортный режим использования системы.

Эстетика и минималистичный дизайн. Не следует перегружать ЧМИ лишней информацией. На виду должны быть только нужные и полезные элементы, которые помогают пользователю в решении его задач. Элементы быстрого доступа ЧМИ могут помочь опытным пользователям избегать длинных диалогов и информационных сообщений, которые им не нужны. Лишние эле-

менты, избыточные требования и перегруженный интерфейс – все это мешает сконцентрироваться на поиске решения и ухудшает эргономику.

Помощь в распознавании, диагностике и исправлении ошибок. При разработке ЧМИ следует использовать все возможности для того чтобы пользователь избежал ошибочных действий, в том числе и путем скрытия или отключения в ЧМИ тех элементов интерфейса, которые могут быть использованы для неправильных действий на текущем этапе решения целевой задачи пользователя. Используйте понятные сообщения об ошибках, которые помогают пользователю понять, в чём состоит суть проблемы, как ее исправить и как сделать так, чтобы проблема не повторилась.

Создайте интерактивную систему помощи и документации. Справочная поддержка действий пользователя должна быть максимально ясной, подробной и рассчитана на абсолютно неопытного и слабо компетентного пользователя.

4.6.3. Принципы Константине-Локвуд-Раскина

Согласно подходу Ларри Константине (Larry L. Constantine) и Луси Локвуда (Lucy A. D. Lockwood) [113], при проектировании дизайна ЧМИ следует руководствоваться следующими принципами.

Принцип структуры: дизайн ЧМИ требуется проектировать целенаправленно, осмысленно и полезно для пользователя, на основе четких, непротиворечивых моделей, которые очевидны и узнаваемы для пользователей, помещая связанные элементы интерфейса вместе и разделять элементы, несвязанные между собой при решении целевых задачи, при этом сходные задачи должны достигаться сходными действиями с похожими элементами интерфейса. Принцип структуры связан с общей архитектурой ЧМИ.

Принцип простоты: дизайн ЧМИ должен упрощать простые, общие задачи, ясно и просто «общаться» с пользователем на понятное ему языке избегая двусмысленностей и превратной интерпретации представляемой информации. Дизайн ЧМИ должен обеспечивать удобные сокращения или обозначения, которые осмысленно связаны с выполняемыми пользователем задачами.

Принцип наглядности: ЧМИ должен предоставлять пользователю всю необходимую и исчерпывающую информацию для решения конкретной задачи, но при этом не отвлекать пользователя излишней или избыточной информацией. Хороший ЧМИ не перегружает пользователей многочисленными альтернативными вариантами действий и не сбивает с толку ненужной информацией.

Принцип обратной связи: ЧМИ должен информировать пользователей о необходимых действиях, изменениях состояния системы или условий функционирования, а также об ошибках или исключениях, которые важны и влияют на решение пользователем целевой задачи. Это информирование должно быть ясным, кратким и недвусмысленным для пользователя.

Принцип толерантности: ЧМИ должен быть гибким и толерантным к пользователю, снижая риски человеческих ошибок и неправильного использования системы, позволяя отменять и повторять действия, а также предотвращать ошибки, где это возможно, при этом допуская широкую вариативность различных входных данных и разумно интерпретируя действия пользователя.

Принцип повторного использования: ЧМИ должен повторно использовать внутренние и внешние элементы и поведение, сохраняя их согласованность с целью пользователя, тем самым уменьшая необходимость переосмысления и запоминания пользователем новых элементов интерфейса и действий с ними.

Согласно подхода Дж. Раскина [98], дополнительно к вышеуказанным принципам, следует добавить еще три принципа.

Принцип безвредности: ЧМИ не должен причинять вред работе пользователя или своим бездействием допускать, чтобы этой работе наносился вред.

Принцип минимизации работы пользователя: ЧМИ не должен тратить время пользователя и требовать от него выполнения работы больше, чем это необходимо.

Принцип монотонности: пользователи должны задавать удобный для них темп взаимодействия с системой. Пользователя не следует заставлять ждать без необходимости и дизайн интерфейса должен минимизировать неожиданные для пользователя действия и «сюрпризы».

4.6.4. Принципы системного подхода к проектированию ЧМИ

В процессе системного синтеза на основе объединения отдельных элементов и подсистем в единое целое возникают новые системные качества, не присущие отдельным элементам, его составляющим. Системный подход предполагает выделение в анализируемом объекте «функций», направленных на получение определённого результата, «структуры» – единства компонентов и элементов системы и «целей» – мысленного предвосхищения достигаемого результата. Практическая реализация идей системного подхода применительно к ЧМИ позволяет по окончании процесса проектирования создать требуемой вариант интерфейса. Основные принципы системного подхода применительно к проектированию ЧМИ представлено по материалам работы [9].

4.6.4.1. Принципы отображения визуальной информации

При проектировании средств отображения важную роль играют вид визуализации информации, способы и формы кодирования и пространственного расположения элементов интерфейса и выводимой информации.

При проектировании знаково-символьных элементов графического интерфейса должны учитываться следующие требования:

- при построении алфавитов знаков необходима чёткая и последовательная классификация символов внутри алфавита;
- основной классификационный признак объекта кодируется контуром знака, который должен представлять собой замкнутую фигуру;
- знак должен иметь не только контур, но и дополнительные детали;
- дополнительные детали не должны пересекать или искажать основной символ;
- предпочтительно использовать симметричные символы, поскольку они легче усваиваются и более прочно сохраняются в оперативной и долговременной памяти пользователя;

- предпочтительно использовать «натуральные» взаимоотношения между параметрами сигнала и кодируемыми характеристиками объекта.

При цветовом кодировании символов необходимо учитывать эмоциональную значимость цвета, что часто применяют при передаче сигналов об опасности. Так, по международному стандарту сигналами опасности являются тёплые тона, безопасности – холодные. Степень опасности обозначается разным цветом. Красный – требование остановки действий, оранжевый – предупреждение о серьёзной опасности, жёлтый – «Внимание! Осторожно!», зелёный – отсутствие опасности, голубой – предупреждение, чтобы оператор не начинал действия. Кроме того, мигающий красный цвет обозначает ситуацию, требующую немедленных действий пользователя.

Цветовое кодирование может быть полезно в случаях: если дисплей не разграфлён; если высока плотность символов; если оператор вынужден отыскивать информацию в большом массиве данных. Цветом лучше кодировать целые слова или фон, чем символы или отдельные знаки.

Для улучшения восприятия зрительной информации следует придерживаться следующих основных принципов ее визуализации:

- заметность – сообщение должно привлекать внимание и располагаться в зоне наблюдения пользователя. На внимание влияют заметность, новизна и актуальность (полезность) знака;
- выделение – наиболее важные слова могут быть подчёркнуты, усилены путём увеличенного размера или штриховки;
- чёткость – может быть усилена при увеличении контраста знаков по отношению к фону, введением шрифта с хорошей разборчивостью;
- вразумительность – необходимо дать ясно понять, в чём состоит опасность и что может произойти, если предупреждение будет проигнорировано. Сообщения должны быть предельно краткими, в форме точной инструкции к действию;
- видимость – знаки должны быть видимыми при любых условиях рабочего освещения;
- стандартность – целесообразно применять стандартные и общепринятые слова и символы.

Большую роль при восприятии текстовой информации на дисплее играет рисунок шрифта букв и цифр. Отношение толщины штриха к высоте букв должно быть от 1:6 до 1:8 для чёрных букв на белом фоне и от 1:8 до 1:10 для белых букв на чёрном фоне. Высота букв и цифр зависит от расстояния наблюдения, окружающего освещения и важности сообщения.

Визуальная информация должна располагаться в зоне прямого видения, причём главная информация – в центре, а второстепенная и справочная – на периферии.

4.6.4.2. Принципы предъявления звуковой информации

Акустические средства предъявления звуковой информации используются наряду со зрительными средствами в случаях:

- если сообщение простое;

- сообщение краткое;
- к сообщению не требуется возвращаться в дальнейшем;
- сообщение отображает события, распределённые во времени;
- сообщение призывает к немедленному действию;
- зрительная система пользователя перегружена;
- работа пользователя требует частых перемещений в рабочем пространстве.

При выборе предупреждающих звуковых сигналов необходимо учитывать:

- высоту сигнала, которую следует выбирать из диапазона 150-1000 Гц;
- сигналы должны иметь гармонические частотные компоненты;
- сигналы должны иметь не менее четырёх выраженных частотных компонент, что снижает риск маскировки другими сигналами;
- целесообразно введение модуляции основной частоты – это привлекает внимание оператора.

Необходимо избегать резкого нарастания сигнала, так как это воспринимается как удар, сопровождаясь звуковым шоком. В сигнале не должно быть дребезга и звона.

При использовании голосовых сообщений важны разборчивость и семантика речи. Речевое сообщение предпочтительнее использовать для сообщений о нарушении нормальных условий, а звуковые сигналы – при аварийных и критических ситуациях.

4.6.4.3. Принципы предъявления тактильной информации

Тактильные средства предъявления информации используются относительно редко. Они применяются в качестве дополнительного канала в случае если у пользователей ЧМИ есть нарушения зрительного и слухового восприятия. В этом случае используют тактильное кодирование формой органов управления, которые можно различить на ощупь.

4.6.5. Основные принципы организации графического интерфейса

Исследования, проведённые в 1960-е гг. Д. Энгельбартом в научно-исследовательском институте Стэнфорда, позволили изобрести *графический интерфейс пользователя* – совокупность средств для взаимодействия пользователя с технической системой, основанная на представлении всех доступных пользователю объектов взаимодействия и функций в виде графических компонентов экрана: окон, значков, меню, кнопок, списков и т. п. В дальнейшем концепция графического интерфейса получила широкое развитие в ЧМИ персональных компьютеров – в виде визуального оконного интерфейса операционных систем Windows, MacOS, Linux и др. В настоящее время концепция графического интерфейса активно развивается применительно к сенсорно-управляемым смартфонам. Основные принципы организации графического интерфейса приведены ниже на основе материала работы [11].

Принцип кластеризации. Организуйте экран в виде визуально разделённых блоков с похожими элементами управления, предпочтительно с названием для каждого блока. Подобные команды должны быть в одном меню: это позволяет им быть визуально близко и идти под одним заголовком. Команды, относящиеся к некоторой конкретной области функциональности, могут также быть показаны в диалоговых боксах, в визуально определяемых блоках. Тот же самый принцип распространяется на специальные управляющие панели и сенсорные экраны с многочисленными кнопками и значками. Кнопки для схожих функций должны группироваться вместе, выделяться цветом, обрамлением или окружающим пробелом.

Принцип «видимость отражает полезность». Более часто используемые элементы управления следует делать более заметными, видимыми и легко доступными; и наоборот – следует скрывать или уменьшать размер редко используемых элементов интерфейса.

Принцип интеллектуальной последовательности. Используйте схожие визуальные элементы для активации схожих функций. Это похоже на заимствование, но в этом случае заимствуется что-то из одной части дизайна ЧМИ и применяется к другой части. Обоснование этого принципа очевидно: раз пользователи выучили расположение элементов управления применительно к одному дизайну ЧМИ (например, где находится кнопка «помощь»), они могут относительно легко применить это знание к другим дизайнам ЧМИ внутри той же системы. Этот принцип позволяет разработчику сосредоточить усилия на разработке лишь нескольких эргономически-качественных и эффективно-работоспособных ЧМИ, а затем слегка модифицировать их для использования в других частях системы.

Принцип «цвет как приложение». Не следует полагаться на цвет как носитель информации – его нужно использовать умеренно, чтобы лишь акцентировать информацию, передаваемую другими средствами. Хорошее правило для большинства интерфейсов – разработать их в чёрно-белом варианте, и путем тестирования на пользователях убедиться, что они работоспособны, а затем добавить минимальный цвет для окончательного облика ЧМИ. Цвет, безусловно, полезен, когда необходимо выделить предупреждение или информационное сообщение, но обязательно встройте дополнительные признаки таких сообщений для пользователей, не способных воспринимать изменения цвета.

Принцип уменьшения субъективного беспорядка. Не следует помещать на экран ЧМИ слишком много информации и элементов управления. Если видимы только наиболее часто используемые элементы интерфейса, которые сгруппированы в небольшое число визуальных кластеров, использован минимум цвета, то экран ЧМИ должен получиться субъективно привлекательным. Не пытайтесь наделить каждое меню собственным шрифтом или работать с большим набором размеров. Как правило, в этом случае пользователи заметят не столько различия, сколько субъективный беспорядок.

4.7. Основные метафоры ЧМИ

Метафора интерфейса – концептуальный подход к вопросу организации взаимодействия человека и технической системы, который определяет суть основных принципов о том, как интерфейс взаимодействует с пользователем, обеспечивает представление диалоговых объектов и определяет набор манипуляций пользователя с ними.

Основная роль метафоры интерфейса заключается в том, что она способствует лучшему пониманию семантики взаимодействия, а также обеспечивает визуальное представление диалоговых объектов и определяет набор манипуляций пользователя с ними. Основные типы метафор представлены на рис. 3.14.

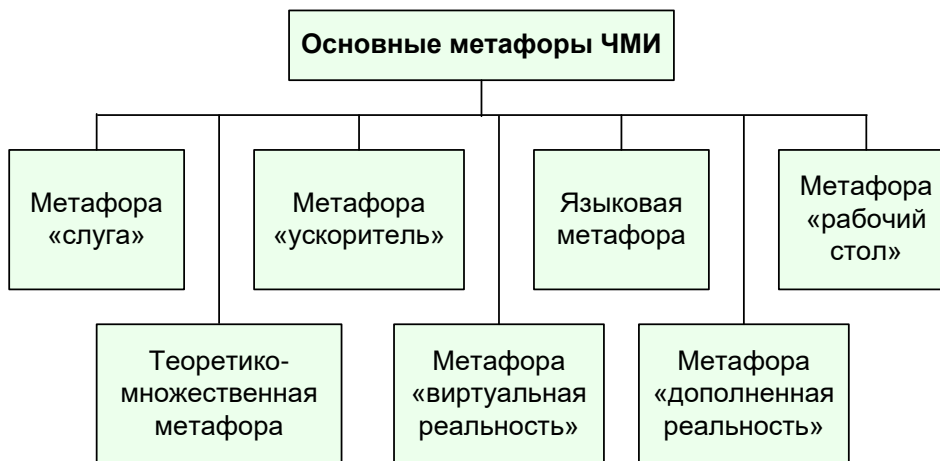


Рис. 3.14. Основные метафоры ЧМИ

Несмотря на то, что использование метафор позволяет быстро описать концепцию взаимодействия человека и технической системы, их использование обладает рядом недостатков. Во-первых, не для любой системы и решаемых задач можно подобрать какую-то одну подходящую метафору. Во-вторых, даже подходящая метафора может оказаться неэффективной, если её тяжело реализовать в виде эргономичного интерфейса. В-третьих, почти всегда выбранная метафора будет ограничивать функциональные возможности ЧМИ, особенно в случае если ЧМИ должен поддерживать большее количество функций и способов представления информации чем предполагает выбранная метафора. Строгое следование метафоре в этом случае будет только вредить. В-четвертых, совершенно необязательно полностью «слепо» копировать подходящую метафору или уже готовый ЧМИ-прототип. Может оказаться так что одновременно с достоинствами подходящей метафоры или ЧМИ-прототипа будут скопированы и их недостатки.

Например, ЧМИ программного средства для подготовки книг к изданию Adobe PageMaker во многом копирует работу с традиционными верстальными гранками, наследуя их известность пользователям одновременно с их ограничениями. Благодаря этому Adobe PageMaker стал чрезвычайно популярен. Однако через некоторое время появилось другая типографская программа – QuarkXpress не использующая идею верстальных гранков, и отвоевала боль-

шую часть пользователей лишь потому, что работала более эффективно, не таская на себе груз старой идеи. Пользователи QuarkXpress предпочитали потратить больше времени на обучение, зато выиграть в скорости работы. Анекдотичность ситуации заключается в том, что к настоящему времени гранки в типографском деле не используются вовсе и появилось целое поколение пользователей, которое их никогда даже не видело. Однако обучаясь работе в PageMaker, пользователи вынуждены дополнительно обучаться уже изжившей себя технологии использования гранок.

Анализируя опыт успешного применения метафор, можно вывести следующие общие правила их использования при проектировании ЧМИ:

- лучше не копировать полностью подходящую метафору, а взять из неё самое лучшее;
- не обязательно брать какую-то одну метафору возможно проработать вопрос органичного смешивания нескольких метафор в одном ЧМИ;
- если метафора хоть как-то ограничивает ЧМИ и не позволяет в полной мере реализовать функции системы, то от такой метафоры необходимо отказаться.

Далее представлены данные о наиболее широко распространённых метафорах интерфейса, по материалам работ [10, 114].

4.7.1. Метафора «слуга»

Основная идея интерфейса, построенного на основе метафоры-слуги – абсолютная незаметность такого интерфейса для пользователя. Основные характеристики хорошего слуги: исполнительный, ненавязчивый, недорогой, всегда сопровождающий своего хозяина. В соответствии с этими канонами сформировано и это направление развития ЧМИ. Однако, до сегодняшнего дня эта метафора интерфейса широкого распространения в реальных ЧМИ технических систем не получила.

Примером такого интерфейса может служить технология «умный дом»: будильник, позвонив утром, оповещает кофеварку о «побудке» хозяина, кофеварка спрашивает, хотите ли вы кофе, в это время на настенную графическую панель выводятся новости с учетом ваших интересов и вкусов, устанавливается любимая вами температура воды в ванне и т. д.

При реализации интерфейса-слуги сложной технической системы возникают непреодолимые сложности в управлении сервисами, реализующими отдельные функции, и просто катастрофический рост количества сервисов по мере развития как потребностей пользователя и целей функционирования системы.

Метафора интерфейса-слуги, основывающаяся на «очеловечивании» технических систем, очень спорна и далеко не всегда удобна. Пока речь идет об управлении простыми бытовыми процессами, она смотрится вполне презентабельно, однако применительно к управлению сложными техническими процессами в которых человек является ключевым лицом, принимающим решения, данная метафора слабо применима.

4.7.2. Метафора «ускоритель»

Интерфейс, проектированный в соответствии с метафорой «ускоритель», ориентирован, прежде всего, на интенсификацию информационного обмена технической системы с пользователем, сокращение количества необходимых операций для постановки задач, облегчение восприятия и осознания результатов выполнения целевых задач пользователем.

Эта метафора в той или иной форме используется в качестве концептуальной основы для всех ныне существующих ЧМИ. Широкое применение она получила в специализированных ЧМИ управления критическими техническими системами, предназначенными для работы в реальном времени и высоко требовательных к надежности. Для таких ЧМИ разработчиками делается все чтобы довести до минимума управляющие органы интерфейса и операции с ними: одна-две кнопки, многопозиционный рычаг (аналог джойстика), системы позиционирования головы, зрачков глаз и т.д.

4.7.3. Языковая метафора

Языковая метафора предполагает общение пользователя с технической системой посредством языкового ввода команд и данных, а также получения отклика от системы в виде аналогичных языковых сообщений. Команды, данные и сообщения могут отображаться на устройстве визуализации в знаково-символьной форме или воспроизводиться в виде речи. При этом языковые команды и сообщения могут быть частью специально разработанного языка или представлять собой псевдо-естественную речь.

Реализация языковой метафоры в виде ЧМИ «командной строки» в которых ввод команд и данных, а также сообщения обратной связи от системы последовательно вводятся/выводятся в знаково-символьной форме уже давно реализованы в виде одного из наиболее эффективных и старейших компьютерных интерфейсов.

ЧМИ на основе естественно-языкового акустического диалога с пользователем в настоящее время реализован в виде отдельных экспериментальных интерфейсов типа Google-помощника или ассистента «Сири» в смартфонах. Вместе с тем, применительно к ЧМИ управления сложными техническими системами естественно-языковой вербальный интерфейс не только не реализован, но и по всей видимости и не целесообразен ввиду того что в критической ситуации подготовленному пользователю проще быстро нажать нужные кнопки, нежели сформулировать, громко и четко произнести сложную вербальную акустическую команду.

4.7.4. Метафора «рабочий стол»

Метафора «рабочий стол» является самой распространенной из метафор современных пользовательских интерфейсов. В соответствии с этой метафорой визуальное пространство ЧМИ организовано в виде виртуального рабочего стола, на котором размещаются виртуальные окна, папки, документы, инструменты для выполнения отдельных функций и т.д. Существенным недостатком

этой метафоры является так называемая проблема «четырёх сам»: выбирай сам; вспоминай сам; знай сам; догадывайся сам; а также ограниченность представления виртуальных объектов понятием иерархии документов. Удобство манипуляций с виртуальными окнами в данной метафоре накладывается на недостаточно продуманные механизмы ассоциирования виртуального объекта (файла или документа) со множеством доступных функций или выполняемых задач.

4.7.5. Метафора «виртуальная реальность»

Метафора «виртуальная реальность» ориентирована на представление интерфейса в виде виртуальных 3D объектов, максимально приближенных к «среде обитания» человека, с которыми пользователь взаимодействует с использованием естественных жестов.

Самые серьезные трудности, связанные с внедрением интерфейсов, основанных на этой метафоре, связаны с необходимостью создания трехмерных натуралистических моделей для абсолютно абстрактных объектов (например, тех же виртуальных окон, папок, документов) и функциональных инструментов.



Рис. 3.15. Виртуальное пространство ОС Window 10

Например, существует ряд реализаций виртуального пространства как для ОС Windows (рис. 3.15), так и для ОС Unix в котором пользователь совершает путешествия по виртуальным коридорам файловой системы или посещает комнаты виртуальных менеджеров различных устройств. В связи с отсутствием общепринятого подхода к визуализации виртуальных объектов, а также невысокой эргономики таких 3D интерфейсов относительно своих 2D аналогов, они не получили широкого распространения, несмотря на то, что производительность практически любого современного компьютера позволяет реализовать

если не сугубо трехмерные, то хотя бы псевдотрехмерные модели подобных интерфейсов.

В будущем интерфейсы на основе метафоры «виртуальная реальность», по всей видимости, займут свое место, но в узкоспециализированных системах – системах управления удаленными робототехническими системами, в удаленной хирургии (рис. 3.16,а), в системах инженерного проектирования (рис. 3.16,б) и в других областях где пользователю важен эффект присутствия.



а.



б.

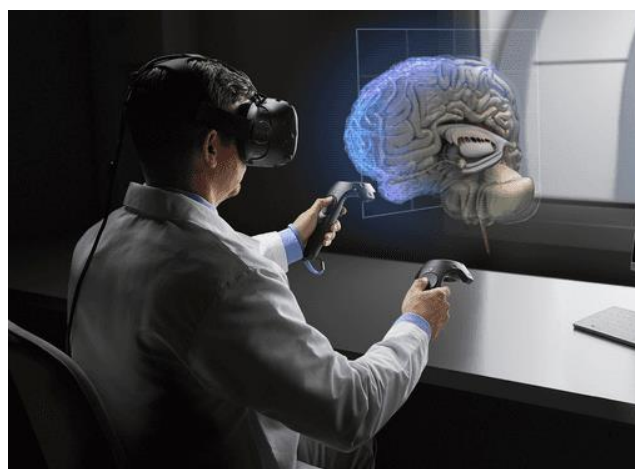
Рис. 3.16. Возможное применение виртуального пространства

4.7.6. Метафора «дополненная реальность»

Даная метафора появилась несколько позже метафоры «виртуальная реальность» и предполагала не полное замещение реального мира на виртуальный, а дополнение реального окружения виртуальными элементами (рис. 3.17), которые бы предоставляли пользователю дополнительную информацию или функциональность.



а.



б.

Рис. 3.11. Возможное применение дополнительной реальности

Метафора «дополненная реальность» ориентирована на представление объектов интерфейса «поверх» воспринимаемой реальности, когда виртуальные объекты или элементы интерфейса «монтируются» в поле восприятия человека, привязываясь к реальным объектам, предоставляя по ним дополнительную информацию пользователю. В работе [115] предложено определение дополненной реальности как совмещения виртуального и реального пространств, которые взаимодействуют в режиме реального времени и работают в режиме отображения 3D объектов.

В настоящее время ряд компаний разработали устройства дополненной реальности (например: Google Glass, Microsoft HoloLens, Epson Moverio и др.), а интерфейсы на основе этой метафоры широко используются в пилотировании самолётов, поддержки сложных технических или сборочных операций, для информационного сопровождения экскурсий в музеях, проведения хирургических операций и медицинской диагностики, в военной области и т.д.

4.7.7. Теоретико-множественная метафора

Недостатком всех вышеприведенных метафор ЧМИ является чрезвычайно слабое отражение многомерности взаимного пересечения «виртуальных миров» объектов, содержащих данные (файлы, папки, базы данных и т.д.) и наборов инструментов, позволяющих проводить их обработку. Все, что на сегодняшний день имеется – это два множества: объектов-данных и набор инструментов. При этом задача эргономичного интерфейса – уметь автоматически ассоциировать выбранный пользователем объект с данными со множеством тех инструментов, которые способны обработать и модифицировать этот объект, после чего представить пользователю результаты обработки в наиболее наглядном виде.

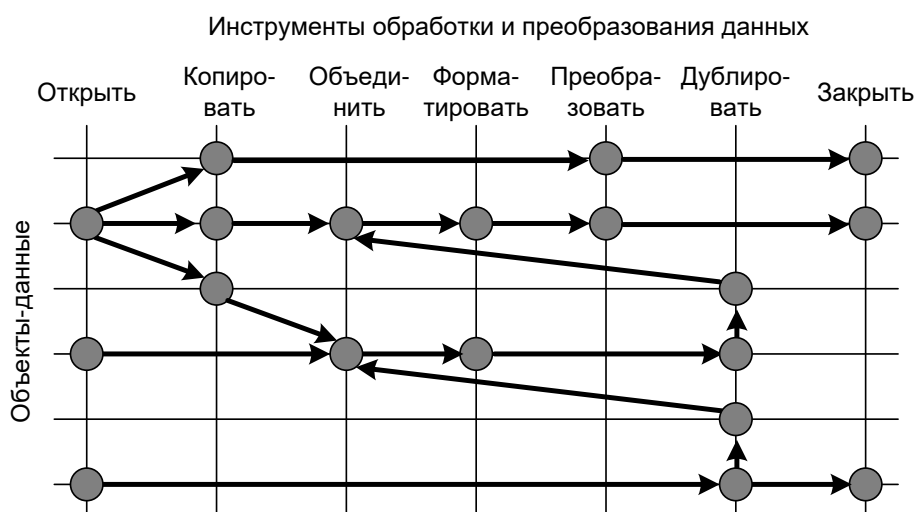


Рис. 3.18. Теоретико-множественная метафора

Теоретико-множественная метафора в формализованном виде может быть представлена как двумерный граф (матрица) в строках которого размещены объекты-данные, а в столбцах – инструменты их обработки и преобразования (рис. 3.18). В этом случае путь в графе по отдельным вершинам (каждая

вершина расположена на пересечении соответствующей строки и столбца) будет соответствовать последовательности выбора нужных объектов с данными и применению к ним требуемых инструментов обработки в целях достижения пользователю требуемого результата.

Возможный текстовый редактор в представлении подобной метафоры будет существенно отличаться от привычных нам программных средств типа Microsoft Word. Во-первых, текстовый редактор в соответствии с этой метафорой будет состоять из большого количества независимых подпрограмм, в которые будут упакованы отдельные инструменты обработки текста. Во-вторых, работа с текстовым редактором будет в большей степени соответствовать последовательности действий в реальной жизни: сначала берется лист бумаги – выбирается объект «чистый лист», затем он размечается – вызывается инструмент «разметка» с помощью которого на листе размечаются области под текст, рисунки, таблицы т.е. формируются новые объекты – области, затем эти объекты-области заполняются соответствующим содержимым с помощью инструментов работы с текстом, графикой, таблицами и т.д. Включение в эту метафору элементов, свойственных метафоре языка, позволяет реализовать для профессионалов привычную гибкость программируемых командных оболочек, а также дать возможность обычным пользователям конструировать новые инструменты обработки объектов-данных на имеющейся инструментальной базе.

К сожалению, интерфейсов общего назначения, использующих подобную метафору в качестве основы, не существует, хотя очень близкие по характеру идеи заложены в успешно эксплуатируемых системах управления производственными процессами и технологическим оборудованием реального времени.

4.8. Основные типы ЧМИ

Разработчики технических систем зачастую рассматривают ЧМИ отдельно от функциональности системы, как некоторое дополнение. Пользователи же систем, как правило, не разделяют функциональность системы и функциональность ЧМИ. Если какие-то функции не отражены в ЧМИ, то для пользователя такой функциональности самой системы тоже как бы не существует.

Достаточно часто под ЧМИ понимают внешний вид пульта управления или виртуального рабочего стола, отображаемого на экране. Однако на практике именно через ЧМИ пользователь воспринимает всю систему в целом, а значит, понимание ЧМИ как внешнего вида является слишком узким. В действительности для пользователя ЧМИ олицетворяет саму техническую систему – те данные которые не предоставляются пользователю посредством ЧМИ, для пользователя как бы отсутствуют в системе, как и те функции системы, которые не могут быть вызваны пользователем посредством ввода команд через ЧМИ.

ЧМИ включает в себя все аспекты дизайна, которые оказывают влияние на взаимодействие пользователя и системы. Это не только экран на котором отображается информация для пользователя.

ЧМИ состоит из следующего множества составляющих:

- набор задач пользователя, которые он решает при помощи системы;
- используемая ЧМИ метафора (например, рабочий стол или языковая метафора в виде командной строки т.п.);
- элементы управления системой;
- элементы навигации между элементами, подсистемами и функциями системы;
- визуальный дизайн внешнего вида элементов ЧМИ.

4.8.1. Структура и классификация интерфейсов

В структуре ЧМИ можно условно выделить [10]:

- 1) декоративную составляющую (внешний вид и компоновка элементов интерфейса);
- 2) активную составляющую (логика работы с элементами интерфейса, реакция на действия пользователя, предоставление динамической информации пользователю о состоянии системы и т.д.):
 - операционные и информационные образы моделей вычислений;
 - управляющие средства интерфейса.

Управляющие средства интерфейсов различных систем и изделий могут существенно различаться. В связи с этим целесообразно провести хотя бы предварительную классификацию как интерфейсов, так и их управляющих средств. Не претендуя на полноту классификации интерфейсов, приведем схему, отражающую соотношение классов, видов и типов пользовательского интерфейса (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Классификация ЧМИ [10, 116]

Классы интерфейса	Подклассы	Примеры типов управляющих средств
Тактильный	Традиционный пульт	Переключатели, кнопки, регуляторы
	Манипуляторный	Рычаги, джойстики, манипуляторы
	Копирование движений	Система копирования движений человека
Символьный	Командный интерфейс	«Вопрос-ответ»
		Командная строка
Графический	Простой графический	Экранные формы
		Управляющие клавиши
	Графический, двухмерный	Меню
		Графические элементы управления
		Прямое манипулирование указателем
	Трехмерный	Конические деревья

На первом уровне такой классификации можно выделить классы интерфейсов, декомпозиция на которые основана на использовании тех или иных ба-

зовых технических средств человеко-машинного взаимодействия. Исторически появление таких средств вызывает возникновение новых классов пользовательского интерфейса. Впрочем, с появлением новых средств использование интерфейсов старых классов не обязательно полностью прекращается. Класс интерфейса является довольно широким понятием. Классы, определяемые базовыми средствами человеко-машинного взаимодействия, целесообразно разбить на подклассы, например, в пределах графического класса различаются подклассы: двухмерные и трехмерные интерфейсы. По этой классификации широко распространенный интерфейс WIMP (Windows – Icons – Menus – Pointing device) относится к первому из указанных подклассов. Сегодня развиваются такие новые классы интерфейсов, как SILK (Speech – Image – Language – Knowledge) (речевой), биометрический (мимический) и семантический (общественный) [116].

Наиболее старейшим ЧМИ до сих пор широко используемым в механических и технических системах является тактильный ЧМИ (рис. 3.19). Управляющими средствами такого ЧМИ являются переключатели, кнопки, рычаги, манипуляторы, системы копирования движения и проч.

Применительно к экранным ЧМИ, средства управления в которых представляются в виде визуальных интерактивных элементов, в настоящее время оформилось два принципиально различных подхода. Первый, исторически более ранний подход состоит в предоставлении пользователю некоторого командного языка, в котором последовательность действий пользователя подразумевает необходимость ввода отдельных команд. Этот подход известен как интерфейс командной строки (Command Line Interface – CLI). Другой подход состоит в символическом изображении доступных действий в виде картинок – иконок (icons) на экране и предоставление пользователю возможности выбирать действия при помощи «мыши» или другого манипуляторного устройства ввода. Этот подход известен как графический пользовательский интерфейс (Graphical User Interface – GUI). При этом один из подклассов двухмерных GUI принято обозначать аббревиатурой WIMP (Windows – Icons – Menus – Pointing device), что отражает основные элементы такого интерфейса: окна, иконки/пиктограммы, меню и манипуляторное устройства типа «мышь». Интерфейсы типа WIMP, завоевавшие популярность вместе с компьютерами Macintosh в 1984 г. и позднее скопированные, в частности, в операционной системе Windows для персональных компьютеров, доминируют в широком спектре технических систем и по сей день.

Рассмотрим особенности этих, наиболее широко распространённых ЧМИ, более подробно.

4.8.2. Тактильный интерфейс

Тактильные интерфейсы являются традиционным типом интерфейса, и по степени реализации управляющих средств, его можно декомпозировать следующим образом:

- традиционный пульт управления механическим или техническим средством, в котором управляющими средствами являются механиче-

ские тумблеры, переключатели, кнопки, а средствами обратной связи и представления пользователю информации – сигнальные лампочки, стрелочные и электронные приборы и т.д. (рис. 3.19);

- ЧМИ, основанный на преобразовании действий пользователя с рычагами, манипуляторами в эквивалентные движения и действия управляемой технической системы (например, рычаги управления экскаватором, краном, штурвал управления самолетом, рулевое управление подводной лодкой) (рис. 3.20);
- ЧМИ, основанный на системе точного копирования действий пользователя, применяется для дистанционных действий с радиоактивными или опасными веществами, в дистанционной хирургии и проч. (рис. 3.21).



Рис. 3.19. Пульт управления в составе ЧМИ самолета Boeing 737



Рис. 3.20. Рычаги управления в составе ЧМИ подводной лодки



Рис. 3.21. Система копирования движений пользователя для работы с радиоактивными веществами

Тактильные средства управления, в отличие от виртуальных интерактивных средств в виде экранных форм, способны как бы «чувствовать» усилие и «направление» действий пользователя и через подсистему преобразователей

ретранслировать это усилие и направление движения в соответствующие действия управляемой системы. Разработчики тактильных интерфейсов должны учитывать две важные стороны действий пользователя: чувство касания чего-либо и «кинестетическое чувство» (ощущение, где находится тело или его часть).

Как правило, тактильные устройства управления снабжены каналом обратной силовой связи, которое обеспечивает пользователю информацию о реакции системы на приложенное управляющее воздействие, например, возвращает величину приложенной силы создавая ощущение сопротивления прилагаемому усилию.

4.8.3. Интерфейс командной строки

Как уже отмечено выше, в настоящее время самое широкое распространение получили универсальные ЧМИ в виде совокупности экрана, клавиатуры и указателя типа «мышь». Традиционно, первым способом взаимодействия с такими ЧМИ компьютерных систем являлось использование командной строки.

Интерфейс командной строки (CLI – Command line interface) – разновидность текстового ЧМИ, в котором управление технической системой пользователь осуществляет путём ввода с клавиатуры текстовых команд и их параметров, а сообщения системы представляются пользователю в виде текстовых сообщений на экране. Такой интерфейс также известен под наименованиями «консоль» и «терминал» [117, 118].

Стандартный способ работы с интерфейсом командной строки заключается в том, что пользователь в ответ на приглашение системы вводит некоторую команду или группу команд и их параметры, подтверждая ввод нажатием соответствующей управляющей клавиши (как правило «Enter»). Затем ЧМИ интерпретирует команды и выполняет необходимые действия, сопровождая работу выводом на экран в текстовом режиме информации о производимых действиях (рис. 3.22). При этом ЧМИ может предлагать пользователю ввести дополнительные параметры, выводя запрос и ожидая ввода. Выполнение команды обычно завершается сообщением статуса (успешное или ошибочное завершение) и новым приглашением на ввод команды [117, 118].

Интерфейс командной строки широко применяется по следующим причинам [117, 118]:

- более скромные требования к ресурсам технической системы по сравнению с другими видами интерфейсов;
- при большом наборе возможных команд опытные пользователи могут работать с таким ЧМИ быстрее и эффективнее, чем с GUI ЧМИ;
- интерфейс командной строки может быть естественно расширен до пакетного интерфейса, а команды – объединяться в специальный командный язык, на котором пользователь может заблаговременно формировать развернутые и сложные сценарии (scripts) действий;
- интерфейс командной строки может быть применен для удаленного управления техническими и компьютерными системами, подключен-

ными по низкоскоростным каналам связи или не имеющими собственного графического интерфейса.

```
bash-2.05b$ pwd
/home/dstone
bash-2.05b$ cd /usr/portage/app-shells/bash
bash-2.05b$ ls -al
total 68
drwxr-xr-x  3 root root  4096 May 14 12:05 .
drwxr-xr-x 26 root root  4096 May 17 02:36 ..
-rw-r--r--  1 root root 13710 May  3 22:35 ChangeLog
-rw-r--r--  1 root root  2924 May 14 12:05 Manifest
-rw-r--r--  1 root root  3720 May 14 12:05 bash-2.05b-r11.ebuild
-rw-r--r--  1 root root  3516 May  2 20:05 bash-2.05b-r9.ebuild
-rw-r--r--  1 root root  5083 May  3 22:35 bash-3.0-r11.ebuild
-rw-r--r--  1 root root  4038 May 14 12:05 bash-3.0-r7.ebuild
-rw-r--r--  1 root root  3931 May 14 12:05 bash-3.0-r8.ebuild
-rw-r--r--  1 root root  4267 Mar 29 21:11 bash-3.0-r9.ebuild
drwxr-xr-x  2 root root  4096 May  3 22:35 files
-rw-r--r--  1 root root   164 Dec 29 2003 metadata.xml
bash-2.05b$ cat metadata.xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE pkgmetadata SYSTEM "http://www.gentoo.org/dtd/metadata.dtd">
<pkgmetadata>
<herd>base-system</herd>
</pkgmetadata>
bash-2.05b$ sudo /etc/init.d/bluetooth status
Password:
* status:  stopped
bash-2.05b$ ping -q -c1 en.wikipedia.org
PING rr.chtpa.wikimedia.org (207.142.131.247) 56(84) bytes of data.

--- rr.chtpa.wikimedia.org ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/ndev = 112.076/112.076/112.076/0.000 ms
bash-2.05b$ grep -i /dev/sda /etc/fstab | cut --fields=3
/dev/sda1          /mnt/usbkey
/dev/sda2          /mnt/ipod
bash-2.05b$ date
Wed May 25 11:36:56 PDT 2005
bash-2.05b$ lsnod
Module              Size  Used by
joydev              8256   0
ipw2200             175112  0
ieee80211            44228   1 ipw2200
ieee80211_crypt      4872   2 ipw2200,ieee80211
e1000                84468   0
bash-2.05b$ █
```

Рис. 3.22. Пример интерфейса командной строки в ОС Linux

Если система может управляться командами командной строки и поддерживает пакетный интерфейс это предоставляет пользователю очень мощные возможности. Удачно спроектированные командные языки обеспечивают: высокую скорость обработки, эффективность и экономию использования ресурсов системы. Важным преимуществом хороших командных языков по сравнению с GUI ЧМИ является их алгоритмическая полнота: в GUI пользователь ограничен теми возможностями, для которых разработчик программы нарисовал иконки или встроил пункты в меню. Командные же языки могут использоваться для решения любых алгоритмизируемых задач, в том числе и таких, о которых разработчики языка первоначально не задумывались [117, 118].

Недостатком интерфейса командной строки является то, что его использование может потребовать бумажных или онлайн-руководств для обучения и предоставления оперативной справки пользователю. Интерфейс командной строки может не предоставлять такие графические улучшения, как различные шрифты или расширенные окна редактирования, которые предусмотрены в графическом интерфейсе GUI. Новому пользователю может быть сложно ознакомиться со всеми доступными командами и параметрами интерфейса команд-

ной строки по сравнению с выпадающими меню графического интерфейса без обращения к справочной системе [117, 118].

4.8.4. Графический интерфейс

Командные языки требуют от пользователя существенных затрат времени и усилий для изучения. Первое негативное впечатление может создать устойчивый страх перед интерфейсом командной строки, затрудняя его эффективное использование и изучение. Напротив, графический интерфейс предоставляет новому пользователю возможность быстро ознакомиться с доступными возможностями и выбрать желаемые действия. Во многих случаях наглядность вариантов в графическом интерфейсе оказывается важнее богатства возможностей интерфейса командной строки.

4.8.4.1. GUI интерфейс

Графический интерфейс (GUI – Graphical User Interface) – совокупность средств для взаимодействия пользователя с технической системой, основанная на представлении всех доступных пользователю объектов взаимодействия и функций в виде графических компонентов экрана: окон, значков, меню, кнопок, списков и т. п.

В отличие от интерфейса командной строки, в GUI пользователь имеет произвольный доступ (с помощью устройств ввода – клавиатуры и «мыши») ко всем видимым на экране объектам и осуществляет непосредственные действия с ними, что в свою очередь, позволяет осуществлять действия с соответствующими типами данных, которые хранят эти объекты [119].

Чаще всего элементы интерфейса в GUI реализованы на основе метафоры «рабочий стол» и отображают интерактивную справку о назначении и свойствах каждого элемента интерфейса, что облегчает понимание и освоение такого ЧМИ неподготовленными пользователями. Важнейшие положительные свойства GUI интерфейса [119]:

- возможность непосредственного манипулирования с элементами интерфейса и визуализируемыми на экране объектами;
- поддержка «мыши» или другого указателя на экране;
- использование активных графических объектов для интуитивного обозначения элементов интерфейса, а также для вывода данных о состоянии системы;
- наличие областей для ввода команд и данных для работы.

Достоинства GUI интерфейса [119]:

- графический интерфейс является интуитивно понятным для большого числа «средних» пользователей, не прошедших специального обучения;
- графический интерфейс позволит визуализировать работу и результат в большом количестве приложений связанных с обработкой видео и изображений.

Недостатки GUI интерфейса [119]:

- GUI интерфейсы не используют слуховой и тактильный канал взаимодействия с пользователем. Хотя визуальный канал позволяет человеку получать до 90% от всей поступающей информации получения информации, без передачи задействования слуховых и тактильных каналов взаимодействие с физической технической системой не может быть полноценной;
- большее потребление ресурсов технической системы в сравнении с текстовым интерфейсом;
- удалённая работа с GUI интерфейсом требует высокоскоростных каналов связи и специального программного обеспечения как на передающей, так и на приемной стороне;
- в таких ЧМИ сложнее автоматизировать рутинные действия пользователя, если это не предусмотрено в самой технической системе;
- чем более сложным является система, тем труднее осваивать его GUI интерфейс, причем эти трудности возрастают нелинейно. Взятые в отдельности интерфейсные особенности и инструменты могут быть вполне простыми, но, будучи в большом количестве интегрированы в единый интерфейс, они образуют новое качество сложности. Многие современные системы и программы столь объемны, если не сказать громоздки, что пользователь, погрузившись однажды в их функциональность, начинает даже отказываться от новейших версий, продолжая использовать то малое подмножество возможностей, которое удалось изучить.

Можно выделить следующие виды GUI интерфейса [119]:

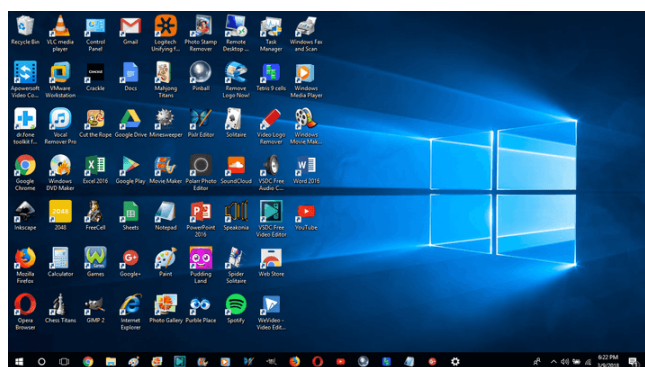
- простой: типовые экранные формы и стандартные элементы интерфейса, визуализируемые непосредственно самой подсистемой GUI;
- истинно-графический, двумерный: нестандартные элементы интерфейса и оригинальные метафоры, реализованные собственными средствами приложения или сторонней библиотекой;
- трёхмерный.

Таким образом, в общем случае GUI-интерфейс может быть двухмерным и трехмерным, а элементы интерфейса могут обозначаться различными объектами. Однако на практике, наиболее широко распространенным подклассом двухмерных GUI является так называемый WIMP интерфейс.

4.8.4.2. WIMP интерфейс

Название WIMP интерфейс (Windows – Icons – Menus – Pointing device) отражает основные элементы такого интерфейса: окна, иконки/пиктограммы, меню и манипуляторное устройства типа «мышь». В WIMP интерфейсах все эти элементы на основе метафоры «рабочий стол» формируют визуальный образ, называемый средой рабочего стола. WIMP интерфейс визуализирует информацию, организованную в окнах и представленную пиктограммами. Доступные команды собираются вместе в меню, а команды отдаются путем действий пользователя с графическими объектами, выполняемыми с помощью ука-

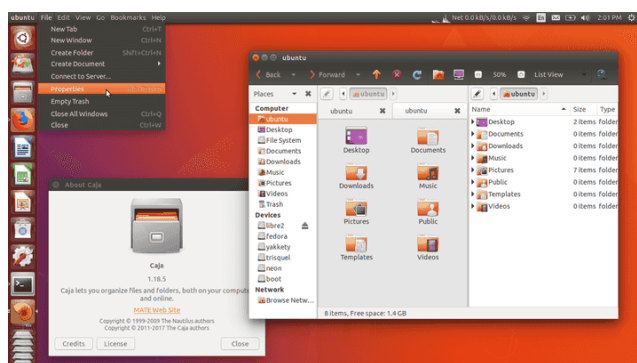
зывающего устройства «мышь». Экран представляет собой виртуальный рабочий стол, на котором могут быть размещены графические объекты, документы и папки с документами. Оконные менеджеры и другое программное обеспечение объединяются, чтобы моделировать среду рабочего стола с разной степенью реализма. Менеджер окон облегчает взаимодействие между окнами, приложениями, а также системой управления окнами. Система управления окнами обрабатывает аппаратные устройства, такие как указывающие устройства, графическое оборудование и позиционирование указателя. В настоящее время широко распространены несколько WIMP интерфейсов, преимущественно для компьютерных операционных систем (рис. 3.23): Windows, MacOS, Unity, Gnome, KDE, xfce и др. [119].



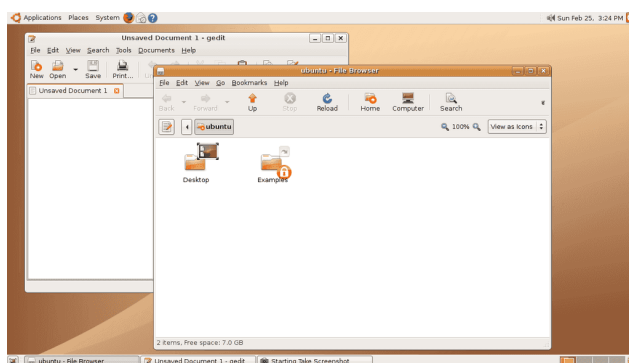
а) интерфейс Windows



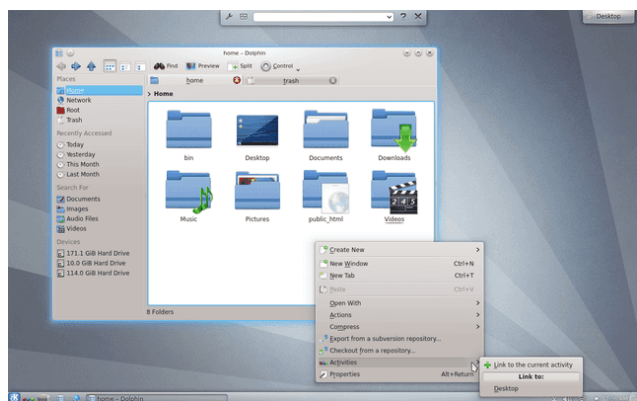
б) интерфейс MacOS



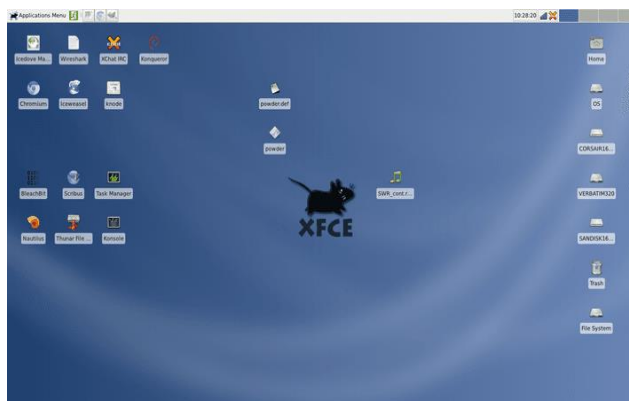
в) интерфейс Unity



г) интерфейс Gnome



д) интерфейс KDE



е) интерфейс xfce

Рис. 3.23. Примеры WIMP интерфейсов

4.8.4.3. Post-WIMP интерфейс

Мобильные устройства с сенсорными экранами, например, такие как смартфоны, обычно используют WIMP интерфейс с внедрением элементов жестового интерфейса, позволяющего эмулировать клавиатурные команды (либо сочетания клавиш) при помощи жестов и касаний пальцами пользователя. Такие интерфейсы получили наименование Post-WIMP интерфейсов. Они имеют повышенную эргономичность в условиях отсутствия таких устройств ввода как клавиатура и «мышь», позволяя использовать привычные жесты, интуитивно понятные для пользователя, а также выполнять такие действия, как сжатие и вращение объектов, которые обычно затруднительно выполнить одним указателем «мыши» [119].

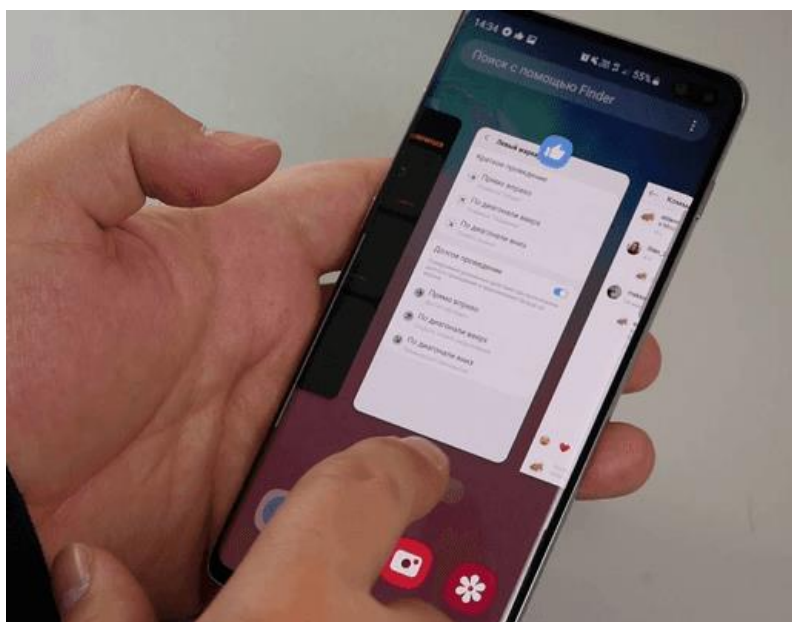


Рис. 3.24. Пример Post-WIMP интерфейса

4.8.4.4. WUI интерфейс

Еще одним подклассом WIMP интерфейсов является WUI интерфейс (Web User Interface), предназначенный для навигации по информационным сетевым ресурсам с использованием программы web-браузера (рис. 3.25). Базовый вариант WUI интерфейса весьма схож с меню иерархической структуры, которые пользователи знают по опыту работы в средах с неграфическим интерфейсом за исключением более наглядного представления и использования гиперссылок на ресурсы. Навигация по информационным ресурсам выполняется путем использования текстовых или визуальных гиперссылок. В зависимости от структуры гиперссылок приложения навигация в пределах, WUI интерфейса приводит к отображению соответствующих ресурсов в иерархии их расположения по одной за раз внутри одного или нескольких окон web-браузера [119].

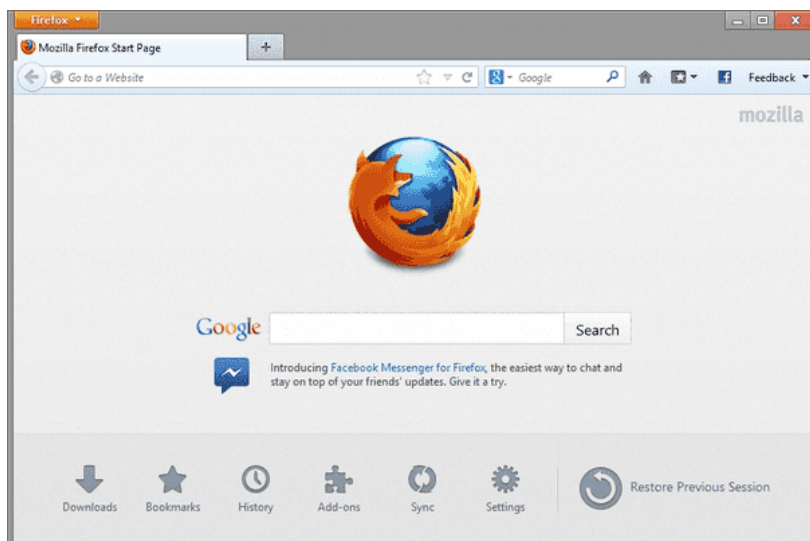


Рис. 3.25. Пример WUI интерфейса

4.8.4.5. 3D интерфейс

Отдельным направлением развития GUI интерфейсов является создание трехмерных графических интерфейсов на основе метафоры виртуальной реальности – 3D интерфейсов.

Для типичных экранов, широко используемых в ЧМИ, термин «трехмерный» для визуализируемых объектов является не совсем корректным. Экраны являются плоскими – двухмерными, соответствующими являются и их GUI интерфейсы, несмотря на то что они могут отображать трехмерные объекты в виде проекции на плоскость экрана. Говоря о 3D интерфейсах имеется ввиду «настоящая трехмерность» которая может быть реализована путем «погружения» пользователя в виртуальную или дополненную реальность, формируемую соответствующими устройствами (рис. 3.21-3.23) [119].

К настоящему времени было предпринято несколько попыток создать пользовательский 3D интерфейс в качестве трехмерной виртуальной рабочей среды, в том числе Sun Project Looking Glass, Metisse, который был похож на Project Looking Glass, BumpTop, где пользователи могут управлять документами и окнами с реалистичным движением и физикой, как если бы они были физическими документами, и Croquet Project, который перешел на Open Cobalt и Open Croquet. Вместе с тем высокая ресурсоемкость таких 3D интерфейсов, высокая стоимость оборудования для них, а также отсутствие явных значимых преимуществ перед традиционными «двумерными» GUI интерфейсами привело к тому что 3D интерфейсы не получили широкого распространения. В настоящее время 3D интерфейсы используются для визуализации и управления относительно небольшим числом процессов, где погружение пользователя в трехмерную виртуальную рабочую среду дает значимое повышение эффективности работы – в системах автоматизированного проектирования сложных технических систем, в искусстве и компьютерном дизайне, в целях реализации молекулярной графики и визуализации химических процессов, в визуализации строения человека, например, при обучении хирургии и т.д. [119].

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 информационных ОТС. Одновременно с этим, важное значение приобретает проектирование ЧМИ, как связующего звена между организационной частью ОТС (пользователями) и технической (технические средства, устройства, аппаратура и т.д.). При этом важным свойством ЧМИ должна являться интероперабельность – свойство бесшовного и эффективного информационного обмена между пользователем и техническим средством. Следствием этого является насущная потребность в уточнении и развитии теоретических и практических основ обеспечения интероперабельности ЧМИ ОТС. Именно проблематике обеспечения интероперабельности ЧМИ и посвящена данная работа, причем интероперабельность, в соответствии с отечественно эталонной моделью интероперабельности, подробно рассматривается на трех 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 как в области интероперабельности, так и в области человеко-машинного взаимодействия.

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 инженерной психологии и проектирования технических систем, а для кого-то, возможно, окажется своеобразной отправной точкой в дальнейших исследованиях.

Список сокращений

ACL	– Agent Communication Language – язык коммуникации агентов
ANSI	– American National Standards Institute – американский национальный институт стандартов
ARPANet	– Advanced Research Project Agency Net – сеть Агентства перспективных исследовательских проектов
ASC	– Accredited Standards Committee – комитет по стандартизации
ASON	– Automatic Switched Optical Network – автоматически коммутируемая оптическая сеть
ASTN	– Automatic Switched Transport Network – автоматически коммутируемая транспортная сеть
BGP	– Border Gateway Protocol – протокол маршрутизации межсетевого шлюза
CLI	– Command Line Interface – интерфейс командной строки
CWT	– Cognitive Walkthrough – познавательный сквозной контроль
DNS	– Domain Name System – протокол разрешения доменных имен
DODAF	– DOD Architecture Framework – концепция по построению архитектуры министерства обороны США
FIPA	– Foundation for Intelligent Physical Agents – открытые спецификации, поддерживающие интероперабельность агентов и агентных сервисов
FMN	– Federation Mission Network – распределенные боевые действия (концепция НАТО)
FTP	– File Transfer Protocol – протокол передачи файлов по сети
GIG	– Global Information Grid – глобальная информационно-вычислительная сеть Министерства обороны США
GOMS	– интерфейс, предназначенный для навигации по информационным сетевым ресурсам с использованием программы web-браузера
GSM	– Global System for Mobile – стандарт мобильной связи
GUI	– Graphical User Interface – графический пользовательский интерфейс
HTML	– HyperText Markup Language – язык гипертекстовой разметки для представления информации в сети Интернет
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
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
LISI-модель	– Levels of Information Systems Interoperability (Model) – модель уровней интероперабельности информационных систем
MLI	– Minimum Level of Interoperability – руководство по обеспечению минимального уровня интероперабельности
MODAF	– Ministry of Defense Architecture Framework – концепция по архитектуре Министерства обороны США
MPEG	– Moving Picture Experts Group – видео- и аудио- стандарт для широкоэкранный телевидения
MPLS	– MultiProtocol Label Switching – протокол быстрой коммутации пакетов по меткам
NCES	– Net-Centric Enterprise Services – сетевые корпоративные услуги
NCOIC	– Network-Centric Operations Industry Consortium – международный промышленный консорциум в области сетевых технологий
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
NR KPP	– («Net Ready» Key Performance Parameter – показатель производительности объединенной системы
NSFNET	– National Science Foundation Network – сеть национального научного фонда США
OWL	– Web Ontology Language – сетевой язык онтологий
RAD	– Rapid Application Development – быстрая разработка приложений
RDF	– Resource Description Framework – среда описания ресурса
SCOPE-модель	– Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises model for interoperability assessment – модель оценки интероперабельности систем, возможностей, действий, программ и организаций

SILK	– Speech – Image – Language – Knowledge – речевой интерфейс «речь – образ – язык – знание»
SOA	– Service Oriented Architecture – сервис-ориентированная архитектура
STANAG	– Standardization Agreement – стандарт НАТО
TCP/IP	– Transmission Control Protocol/Internet Protocol – стек протоколов передачи данных и адресации ресурсов в сети Интернет
TOGAF	– The Open Group Architecture Framework – концепция по построению архитектуры открытых рабочих групп
URL	– Uniform Resource Identifier – унифицированный указатель ресурса в сети Интернет
WIMP	– Windows – Icons – Menus – Pointing device – графический интерфейс «окна – значки – меню – указатель»
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 документов
АП	– агент-пользователь
АСУ	– автоматизированная система управления
БД	– база данных
БПЛА	– беспилотный летательный аппарат
ВВТ	– вооружение и военная техника
ЕИП	– единое информационное пространство
ИИ	– искусственный интеллект
ИКТ	– информационно-коммуникационные технологии
ИРЭ	– Институт радиотехники и электроники
ИТ	– информационные технологии
ИТА	– интеллектуальный технический агент
ЛПР	– лицо, принимающее решение
МО	– Министерство обороны
НАТО	– Северо-Атлантический военный блок
НИИ	– научно-исследовательский институт
НИР	– научно-исследовательская работа
ОС	– операционная система
ОТС	– организационно-техническая система
ПА	– проектирующий агент
ПИ	– пользовательский интерфейс
ПО	– программное обеспечение
РАН	– Российская академия наук
РТА	– реактивный технический агент
РТС	– робототехническая система
РФ	– Российская Федерация
РФФИ	– Российский фонд фундаментальных исследований

САПР	– система автоматизированного проектирования
СППР	– система поддержки принятия решений
СУБД	– система управления базой данных
СЦИУС	– сетцентрическая информационно-управляющая система
США	– Соединенные Штаты Америки
ТА	– технический агент
ТС	– техническое средство
ЧМИ	– человеко-машинный интерфейс
ЧПУ	– числовое программное управление
ЭВМ	– электронно-вычислительная машина

Глоссарий терминов и определений

Агент – типовой участник процесса взаимодействия, являющийся частью информационной 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-пользователь – агент, представляющей собой человека-оператора, лицо принимающее решение или пользователя информационной системы.

Адекватность информации – уровень соответствия, создаваемого с помощью полученной информации образа, реальному объекту, процессу или явлению.

Актуальность информации – степень соответствия информации текущему моменту времени.

Безопасность человеко-машинного интерфейса – способность человеко-машинного интерфейса обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность содержания информационных сообщений, передаваемых пользователю, а также вводимых им команд и данных.

Взаимодействие – процессы воздействия различных объектов друг на друга посредством обмена информацией.

Визуальный канал восприятия информации – направлен на усвоение информации человеком посредством органов зрения путем считывания и обработки зрительных образов, их движения, а также информации, представленный в знаково-символьном виде. Визуальным каналом воспринимается форма, цвет, яркость и движение предметов. Визуальный канал обеспечивает доведение до 90% от всего объема поступающей информации. Быстродействие восприятия информации по визуальному каналу: 0,15-0,22 с.

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») – 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.

Графический интерфейс – разновидность человеко-машинного интерфейса, представляющего собой совокупность средств для взаимодействия пользователя с технической системой, основанная на представлении всех доступных пользователю объектов взаимодействия и функций в виде графических компонентов экрана: окон, значков, меню, кнопок, списков и т. п.

Данные – поддающееся многократной интерпретации представление информации в формализованной знаково-символьной форме, пригодной для сбора, хранения, передачи, обработки или представления в информационных системах.

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.

Дизайн – совокупность функциональности, внешнего вида и удобства использования.

Динамическая информационная модель – объективный образ реальных процессов, происходящих в технической системе, представляемый в виде множества сигналов, несущих информацию пользователю.

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.

Достоверность информации – истинность и точность информации в описании какого-либо факта, события или явления.

Достоверность человеко-машинного интерфейса – способность человеко-машинного интерфейса обеспечивать требуемую точность воспроизведения информационных сообщений через каналы восприятия человека, а также сохранять эту точность при преобразовании информации из одного типа в другой (например, из визуальной информации в речевую).

Доступность информации – состояние информации (ресурсов информационной 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.

Знания – совокупность информации о некоторой предметной области, хранящейся 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 обобщенном виде можно записать: «знания» = «информация» + «цель».

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.

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.

Интеллектуальный интерфейс – интерфейс, адаптирующий форму и последовательность представляемой для человека информации, таким образом, чтобы представить ее в максимально наглядном и понятном для анализа или принятия решения виде.

Интеллектуальный технический агент – является технической системой или средством, в которых реализована собственная модель знаний и система интеллектуальных функций, в том числе функций взаимодействия.

Интерактивная система – сочетание компонентов аппаратного и программного обеспечения, которое получает информацию, вводимую пользователем, и сообщает ему свой ответ, помогая пользователю в работе или выполнении задачи.

Интерактивный подход обеспечения интероперабельности – 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.

Интероперабельность – способность двух или более систем или объектов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена.

Интерфейс – совокупность средств и правил взаимодействия отдельных систем и объектов.

Интерфейс командной строки – разновидность текстового человеко-машинного интерфейса, в котором управление технической системой пользователь осуществляет путём ввода с клавиатуры текстовых команд и их параметров, а сообщения системы представляются пользователю в виде текстовых сообщений на экране. Такой интерфейс также известен под наименованиями «консоль» и «терминал».

Информационная производительность человеко-машинного интерфейса – отношение минимального количества информации, необходимого для выполнения системой целевой задачи, к количеству информации, которое должен ввести пользователь.

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 что «информация» = «данные» + «смысл».

Канал восприятия информации – путь получения информации человеком с использованием одного из своих органов чувств: зрения, слуха, осязания, вкуса или обоняния.

Качество – степень соответствия совокупности присущих некоторому объекту характеристик определенным требованиям.

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.

Контрастность – это соотношение яркости предмета и фона.

Конфиденциальность информации – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на это право.

Концептуальная модель – 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).

Лаконичность информации – пользователю предоставляется только та информация, которая необходима для выполнения целевой задачи.

Машина – техническое средство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации.

Метафора интерфейса – концептуальный подход к вопросу организации взаимодействия человека и технической системы, который определяет суть основных принципов о том, как интерфейс взаимодействует с пользователем, обеспечивает представление диалоговых объектов и определяет набор манипуляций пользователя с ними.

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.

Непрерывность человеко-машинного интерфейса – способность человеко-машинного интерфейса технической системы управления постоянно находиться на связи и взаимодействовать с пользователем и с объектами управления.

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.

Неявное знание – 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.

Нисходящий подход обеспечения интероперабельности (подход «сверху – вниз») – подход 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.

Обнаруживаемость информации – акцентирование внимания пользователя на требуемую, важную или срочную информацию.

Образно-концептуальная модель – совокупность субъективных представлений пользователя о реальном и прогнозируемом состоянии реальных процессов в технической системе, о целях и способах достижения цели своей деятельности.

Общесистемный подход обеспечения интероперабельности – подход, ориентированный на решение проблемы интероперабельности в рамках определенной системы, путем формирования единой среды информационного взаимодействия ее компонентов.

Объективность информации – независимость информации от чьего-либо мнения или сознания, а также от методов ее получения.

Оперативность человеко-машинного интерфейса – способность человеко-машинного интерфейса технической системы управления получать, обрабатывать и представлять пользователю информацию о состоянии управляемых объектов и среды, получать от пользователя команды, на их основе их формировать управляющие воздействия и доводить их до управляемых объектов в соответствии с темпом изменения текущей ситуации.

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

Организационно-техническая система – множество взаимосвязанных технических средств и пользователей, организованных и функционирующих для достижения одной или нескольких поставленных целей.

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.

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.

Пользовательский интерфейс – компоненты интерактивной системы (программное обеспечение и аппаратное обеспечение), которые предоставляют пользователю информацию и возможность управления для выполнения производственных заданий.

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.

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.

Пригодность использования – свойство человеко-машинного или пользовательского интерфейса, при наличии которого пользователь может применять его в определенных условиях использования для достижения установленных целей с необходимой результативностью, эффективностью и удовлетворенностью.

Принцип – основополагающие руководящие положения, основное правило или фундаментальный подход в какой-либо деятельности, либо основная особенность.

Проектирующий агент – агент, который может представлять собой как агента-пользователя, так и интеллектуального технического агента, создающий 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.

Пропускная способность человеко-машинного интерфейса – способность человеко-машинного интерфейса передавать определенный объем информационных сообщений в единицу времени;

Профиль интероперабельности – гармонизированная совокупность стандартов, рекомендаций, регламентов и других документов, организованных в соответствии с уровнями интероперабельности, ориентированная на описание информационного взаимодействия конкретных систем определенного класса.

Процедурные знания – последовательность действий, которое может использоваться при решении задач, достижения определенной цели и получении новых знаний.

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 – информация может быть точно интерпретируема пользователем.

Реактивный технический агент – 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.

Результативность использования – степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Своевременность человеко-машинного интерфейса – способность человеко-машинного интерфейса обеспечивать передачу информационных сообщений от технической системы к пользователю или в обратном направлении в заданные сроки.

Семантика – смысл языкового высказывания или формально-символического выражения.

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

Семантическая совместимость – 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 технические системы, так и люди-пользователи), объединяя все факторы, влияющие на интерпретацию поступающей информации (в том числе с учетом психического состояния взаимодействующих пользователей), и относится ко всем формам представления информации (включая передачи неявной информации между людьми, а также наличие скрытого смысла). Таким образом, понятие «семантическая совместимость» относится к понятию «семантическая интероперабельность» как частное к общему.

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

Слуховой канал восприятия информации – направлен на усвоение информации человеком посредством органов слуха путем прослушивания и обработки звуковых сигналов и речевых сообщений. Слуховой канал обеспечивает доведение до 7-8% от всего объема поступающей информации. Быстродействие восприятия информации по слуховому каналу: 0,12-0,18 с.

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 двух или более объектов взаимодействовать друг с другом.

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

Совместность – некая общность между двумя или более объектами; функциональная связь между объектами, когда они содействуют друг другу в достижении индивидуальных или общих целей.

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

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.

Тактильный интерфейс – разновидность человеко-машинного интерфейса, в котором управление технической системой пользователь осуществляет путем переключения механических тумблеров, передачи усилий и действий на рычаги и манипуляторы, которые способны как бы «чувствовать» усилие и «направление» действий пользователя и через подсистему преобразователей ретранслировать это усилие и направление движения в соответствующие действия управляемой системы.

Тактильный канал восприятия информации – направлен на усвоение информации человеком 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 позволяют судить о твердости предметов их сопротивляемости приложению усилия. Функционирование тактильного анализатора основано на свойстве кожи воспринимать температурные, химические, механические и электрические воздействия предмета или орудия труда. Наиболее часто тактильный анализатор используется для получения информации о состоянии оборудования путем анализа его положения и движения в пространстве, а также путем передачи вибраций. Быстродействие восприятия информации по тактильному каналу: 0,09-0,22 с.

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

Техническая система – комбинация взаимодействующих устройств, механизмов, технических подсистем и средств, предназначенных для достижения одной или нескольких поставленных целей.

Технический агент – 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.

Технический интерфейс – совокупность унифицированных технических, программных и конструктивных средств, реализующих взаимодействие различных функциональных элементов в технической системе, обеспечивающих информационную, электрическую и конструктивную совместимость этих элементов.

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.

Техническое средство – часть системы, предназначенная для выполнения определенной функции, построенная на основе принципов механики, автоматики, электроники, программной инженерии или робототехники.

Типовой человеко-машинный интерфейс – получивший широкое распространение относительно универсальный человеко-машинный интерфейс современных технических систем, представляющий собой визуальные элементы (оконные формы и данные), отображаемые на экране, с которыми пользователь взаимодействует с помощью указателя типа «мышь» и клавиатуры.

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

Устойчивость человеко-машинного интерфейса – способность человеко-машинного интерфейса технической системы управления обеспечивать решение задач управления в сложной, резко меняющейся обстановке в условиях помех и при дестабилизирующих воздействиях.

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.

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.

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.

Человеко-машинное взаимодействие – процессы воздействия человека (пользователя) и технического средства/системы (машины) друг на друга посредством обмена информацией.

Человеко-машинный интерфейс – интерфейс, обеспечивающий передачу информации между человеком (пользователем) и техническим средством/системой (машиной).

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. В узком значении, эмоции – это непосредственное, временное переживание какого-либо чувства.

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

Явное знание – знание, которое может быть представлено в виде какой-либо формализованной модели знаний, которое относительно легко может быть передано другим (людям или техническим агентам).

Литература

1. Макаренко С. И. Семантическая интероперабельность человеко-машинных интерфейсов в сетевых системах // Журнал радиоэлектроники. 2022. № 2. DOI: 10.30898/1684-1719.2022.2.4
2. Макаренко С. И. Техническая интероперабельность и эргономика человеко-машинных интерфейсов сетевых систем // Журнал радиоэлектроники. 2022. № 3. DOI: 10.30898/1684-1719.2022.3.4
3. 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
4. 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
5. 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
6. Олейников А., Макаренко С., Козлов С. Интероперабельность - ключевая технология повышения эффективности систем вооружения, управления и связи // Радиоэлектронные технологии. 2022. № 1. С. 66-73.
7. 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
8. Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises (SCOPE) Model for Interoperability Assessment. Version 1.0. – NCOIC, 2008. – 154 p.
9. Сергеев С. Ф. Инженерная психология и эргономика. Учебное пособие. – М.: НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.
10. Мерзлякова Е. Ю. Человеко-машинное взаимодействие. – Новосибирск: СибГУТИ, 2009. – 49 с.
11. Мерзлякова Е. Ю. Человеко-машинное взаимодействие. Учебно-методическое пособие. – Новосибирск: СибГУТИ, 2015. – 34 с.
12. 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.
13. Олейников А. Я., Рубан К. А. Модели и стандарты обеспечения интероперабельности // Информатизация образования и науки. 2009. № 3. С. 24-34.
14. Журавлёв Е. Е., Корниенко В. Н., Олейников А. Я., Широбокова Т. Д. Разработка первого национального стандарта для обеспечения интероперабельности в Грид-среде // Журнал радиоэлектроники. 2011. № 2. С. 6.
15. Гуляев Ю. В., Журавлев Е. Е., Олейников А. Я. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор // Журнал радиоэлектроники. 2012. № 3. С. 12.

16. Олейников А. Я., Разинкин Е. И. Особенности подхода к обеспечению интероперабельности в области электронной коммерции // Информационные технологии и вычислительные системы. 2012. № 3. С. 82-92.
17. 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.
18. 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.
19. Олейников А. Я., Чусов И. И. Проблема интероперабельности в вооруженных силах РФ // Вестник Академии военных наук. 2017. № 4 (61). С. 61-68.
20. Олейников А. Я., Каменщиков А. А. Роль интероперабельности в цифровой экономике и обороноспособности страны // ИТ-Стандарт. 2017. № 4 (13). С. 31-35.
21. 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.
22. 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.
23. Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Широбокова Т. Д. Стандарты интероперабельности в высокопроизводительной среде // Программные системы: теория и приложения. 2018. Т. 9. № 4 (39). С. 383-397.
24. 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.
25. 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.
26. Олейников А. Я. Обеспечение интероперабельности авиационных беспилотных летательных аппаратов // Информационные технологии и вычислительные системы. 2021. № 4. С. 3-11.
27. Олейников А. Я., Растягаев Д. В., Фомин И. А. Основные положения концепции обеспечения интероперабельности сетцентрических информационно-управляющих систем // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 3. С. 122-131.

28. 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

29. 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

30. Черницкая Т. Е., Макаренко С. И., Растягаев Д. В. Аспекты информационной безопасности в рамках оценки интероперабельности сетевых информационно-управляющих 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

31. Черницкая Т. Е., Макаренко С. И., Растягаев Д. В. Аспекты автоматизации функций управления, принятия решений и сетевого взаимодействия в рамках оценки интероперабельности сетевых информационно-управляющих 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

32. Макаренко С. И., Черницкая Т. Е. Аспекты совместимости сетевых протоколов, интерфейсов и требований по качеству обслуживания в рамках оценки интероперабельности сетевых информационно-управляющих систем // Журнал радиоэлектроники. 2020. № 10. С. 7. DOI: 10.30898/1684-1719.2020.10.4

33. Гуляев Ю. В., Олейников А. Я., Макаренко С. И. Российский подход к формализации интероперабельности сетевых систем // Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах. 2021. Т. 1. С. 103-106.

34. 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

35. 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

36. Гуляев Ю. В., Олейников А. Я. Технология открытых систем - основное направление информационных технологий // Информационные технологии и вычислительные системы. 1997. № 3. С. 4.

37. Гуляев Ю. В., Олейников А. Я. Открытые системы: от принципов к технологии // Информационные технологии и вычислительные системы. 2003. № 3. С. 4-12

38. Технология открытых систем. Монография / под общ. ред. А.Я. Олейникова. – М.: Янус-К, 2004. – 287 с.

39. 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.
40. ГОСТ Р 55062-2012. Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
41. ISO/IEC/IEEE 24765:2017. Systems and software engineering. Vocabulary. – ISO, 2017. – 522 p.
42. Каррыев Б. Интернет: цифровая революция эры мгновенной коммуникации. Мегасила, история и влияние на общество. – М.: Litres, 2018. – 490 с.
43. Диков А. В. Эволюция интернета от начала до наших дней и далее // Школьные технологии. 2019. № 2. С. 3-8.
44. Макаренко С. И., Иванов М. С. Сетецентрическая война - принципы, технологии, примеры и перспективы. Монография. – СПб.: Научные технологии, 2018. – 898 с.
45. CJCSI 3170.01E. Joint Capabilities Integration Development System. – DoD US, 2005. – URL: <https://segoldmine.ppi-int.com/node/67522> (дата доступа 23.03.2022).
46. Молитвин Л. О реализации концепции единого информационного пространства НАТО // Зарубежное военное обозрение. 2008. № 1. С. 23-27.
47. NATO Interoperability Standards and Profiles. Volume 1: Introduction. – C3B Interoperability Profiles Capability Team, 2018. – 48 с.
48. NATO Interoperability Standards and Profiles. Volume 2: Agreed Interoperability Standards and Profiles. – C3B Interoperability Profiles Capability Team, 2018. – 90 с.
49. NATO Interoperability Standards and Profiles. Volume 3: Candidate Interoperability Standards and Profiles. – C3B Interoperability Profiles Capability Team, 2018. – 18 с.
50. 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 (дата доступа 21.10.2018).
51. Ministry of Defense Architecture Framework. – Washington, D.C.: Department of Defense. – URL: <http://www.modaf.com> (дата доступа 21.10.2018).
52. The Open Group Architecture Framework. – URL: <http://www.opengroup.org/architecture/togaf8-doc/arch/> (дата доступа 21.10.2018).
53. Levels of Information Systems Interoperability (LISI). – Washington, D.C.: Department of Defense, C4ISR Interoperability Working Group, 1998.
54. NATO Industrial Advisory Group. – URL: https://diweb.hq.nato.int/niag/Pages_Anonymous/Default.aspx (дата доступа 21.10.2018).
55. Network Centric Operations Industry Consortium. – URL: <https://www.ncoic.org> (дата доступа 23.03.2022).

56. Minimum Level of Interoperability (MLI). – URL: <https://www.ncoic.org/minimum-level-of-interoperability> (дата доступа 23.03.2022).
57. NCOIC Interoperability Framework (NIF v. 2.1) and NIF Solution Description Reference Manual (NSD-RM v. 1.2). – NCOIC, 2008. – 125 p.
58. NATO Interoperability Standards and Profiles (NISP). 2021. – URL: <https://www.ncoic.org/minimum-level-of-interoperability/> (дата доступа 23.03.2022).
59. 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 (дата доступа 23.03.2022).
60. ГОСТ Р 55241.1-2012 / ISO / TR 9241-100:2010. Эргономика взаимодействия человек-система. – М.: Стандартинформ, 2018. – 39 с.
61. Тарасов Б. В., Ионов С. В., Глумова А. А. Семантическая интероперабельность разнородной информации // Информатизация и связь. 2020. № 6. С. 79-82.
62. 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).
63. Павлыгин Э. Д., Корсунский А. С., Куприянов А. А., Мельниченко А. С. FСMI-подход к оценке интероперабельности интегрированной системы боевого управления корабля // Автоматизация процессов управления. 2015. № 4 (42). С. 4-14.
64. Кашевник А. М. Подход к обеспечению семантической интероперабельности мобильных роботов при формировании коалиций // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 1. С. 90-100.
65. Макаренко С. И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: СФ МГГУ им. М. А. Шолохова, 2009. – 206 с.
66. Орлова Л. А. Конспект лекций по психологии общения // ИнфоУрок [Электронный ресурс]. 2021. <https://infourok.ru/konspekt-lekcij-po-psihologii-obsheniya-individualno-psihologicheskie-osobennosti-lichnosti-emocionalno-volevaya-sfera-lichnosti-4370048.html> (дата доступа: 02.04.2022).
67. Левитов Н. Д. О психических состояниях человека. – М.: Просвещение, 1964.
68. 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.
69. Дружилов С. А. Профессиональное здоровье трудящихся и психологические аспекты профессиональной адаптации // Успехи современного естествознания. 2013. № 6. С. 34-37.

70. Ронжин А. Л., Карпов А. А. Многомодальные интерфейсы: основные принципы и когнитивные аспекты // Труды СПИИРАН. 2006. Т. 1. № 3. С. 300-319.
71. Ронжин А. Л., Карпов А. А. Проектирование интерактивных приложений с многомодальным интерфейсом // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2010. № 1-1 (21). С. 124-127.
72. Карпов А. А., Юсупов Р. М. Многомодальные интерфейсы человеко-машинного взаимодействия // Вестник Российской академии наук. 2018. Т. 88. № 2. С. 146-155.
73. Карпов А. А., Ронжин А. Л. Многомодальные интерфейсы в автоматизированных системах управления // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2005. Т. 48. № 7. С. 9-14.
74. Ронжин А. Л., Юсупов Р. М. Многомодальные интерфейсы автономных мобильных робототехнических комплексов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 1 (162). С. 195-206.
75. Анчеков М. И., Нагоева О. В., Макаревич О. Б., Токмакова Д. Г., Хамуков Ю. Х. Интерактивное многомодальное обучение когнитивных самоорганизующихся систем естественно-языкового управления миссиями мультиагентных роботов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2015. № 1 (63). С. 9-15.
76. Спасский Б. А. Телеуправление в экстремальной робототехнике // Робототехника и техническая кибернетика. 2020. Т. 8. № 2. С. 101-111.
77. Ющенко А. С. Человек и робот – совместимость и взаимодействие // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. № 1 (2). С. 4-9.
78. Сергеев С. Ф. Интеллектуальные симбионты организованных техногенных средств управления подвижными объектами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. № 9. С. 30-36.
79. Сергеев С. Ф., Сергеева А. С. Проблема квазисоциального интерфейса в робототехнических средах // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. № 2 (3). С. 23-28.
80. Бубеев Ю. А., Усов В. М., Сергеев С. Ф., Крючков Б. И., Михайлюк М. В., Йоханнес Б. Итоги космического эксперимента "Пилот-Т" для моделирования взаимодействия в системе "человек - робот" на лунной поверхности // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 7. С. 65-75.
81. Сергеев С. Ф. Адаптивная автоматизация деятельности оператора в среде иммерсивного интерфейса мехатронного подвижного объекта // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 5. С. 15-21.
82. Петренко В. И. Проблемы управления мультиагентными манипуляционными системами // Перспективы науки. 2021. № 6 (141). С. 10-15.
83. Петренко В. И., Тебуева Ф. Б., Гурчинский М. М., Свистунов Н. Ю., Павлов А. С. Алгоритм машинного обучения системы управления антропоморфными манипуляторами // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3. № 2 (6). С. 35-43.

84. Петренко В. И., Тебуева Ф. Б., Павлов А. С., Гурчинский М. М. Метод реконфигурации кинематической структуры мехатронно-модульного робота в недетерминированных условиях // Системная инженерия и информационные технологии. 2020. Т. 2. № 2 (4). С. 57-65.

85. Петренко В. И. Метод глубокого мультиагентного обучения с подкреплением для мобильных киберфизических систем с повышенными требованиями к функциональной безопасности // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 3. С. 179-206.

86. Антонов В. О., Гурчинский М. М., Петренко В. И., Тебуева Ф. Б. Метод планирования траектории движения точки в пространстве с препятствием на основе итеративной кусочно-линейной аппроксимации // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 1. С. 168-182.

87. Павлов А. С. Методика планирования траектории движения группы мобильных роботов в неизвестной замкнутой среде с препятствиями // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 3. С. 38-59.

88. Сычков В. Б. Метод оценки эффективности копирующего управления манипуляторами антропоморфного робота // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 3. С. 179-201.

89. Сергеев С. Ф., Падерно П. И., Назаренко Н. А. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов. Учебное пособие. – СПб.: ИТМО, 2011. – 108 с.

90. Сергеев С. Ф. Интеллектуальные симбионты в эргатических системах // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2 (84). С. 149-154.

91. Сергеев С. Ф. Системно-психологические аспекты автоматизации и роботизации техногенных сред // Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. Т. 16. № 11. С. 751-756.

92. Коломеец М. В., Чечулин А. А., Котенко И. В. Обзор методологических примитивов для поэтапного построения модели визуализации данных // Труды СПИИРАН. 2015. № 5 (42). С. 232-257.

93. Новикова Е. С., Котенко И. В. Открытые задачи визуального анализа в системах управления информационной безопасностью. Информационно-управляющие системы. 2019. № 2. С. 57-67. DOI: 10.31799/1684-8853-2019-2-57-67

94. Котенко И. В., Коломеец М. В., Жернова К. Н., Чечулин А. А. Визуальная аналитика для информационной безопасности: области применения, задачи и модели визуализации // Вопросы кибербезопасности. 2021. № 4 (44). С. 2-15. DOI: 10.21681/2311-3456-2021-4-2-15

95. Лаптев В. В. Проектные основы инфографики: учебное пособие. – М.: АВАТАР, 2016. – 287 с.

96. Доронина Е. Г. Человеко-машинное взаимодействие. Учебное пособие. – Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2014. – 81 с

97. Макаренко С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки. Монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2020. – 337 с.

98. Раскин Дж. Интерфейс. Новые направления в проектировании компьютерных систем. – М.: Символ-Плюс, 2005. – 69 с.

99. ISO 9241-12:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 12: Presentation of information. – ISO, 1998. – 46 p.

100. ISO 9241-125:2017. Ergonomics of human-system interaction. Part 125: Guidance on visual presentation of information. – ISO, 2017. – 40 p.

101. Зацаринный А. А., Козлов С. В., Шабанов А. П. Интероперабельность консолидируемых организационных систем // Проблемы управления. 2017. № 6. С. 43-49.

102. Головин С. А., Зацаринный А. А., Козлов С. В. Научно-методические подходы к совершенствованию нормативной базы для создания и развития информационно-телекоммуникационных систем // Системы и средства информатики. 2017. Т. 27. № 2. С. 98-112.

103. 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.

104. Козлов С. В. Процессные аспекты интероперабельности интегрированных систем управления // ИТ-Стандарт. 2019. № 1 (18). С. 25-30.

105. 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.

106. Головин С. А., Андрианова Е. Г., Гудкова О. К., Лаптев А. Н. Методика формирования профилей стандартов информационных технологий в интересах обеспечения интероперабельности сложных распределенных систем // Журнал радиоэлектроники. 2014. № 12. С. 25.

107. Рубан К. А. Методика идентификации стандартов для профиля интероперабельности на основе механизма нечеткого логического вывода // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2016. Т. 1. С. 198-201.

108. Захаров А. В., Старцева О. Г., Рамазанова Р. Р. Интероперабельность организационных сервисов электронной среды международного сетевого университета // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2016. № 1. С. 231-239.

109. 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.

110. Климов Е. А. Характеристики систем «человек - машина» // Инженерная психология и эргономика. 2018. – URL: https://studme.org/202868/menedzhment/harakteristiki_sistem_mashina (дата обращения: 11.04.2022).

111. Яковина И. Н. Основы человеко-машинного взаимодействия // *Fandom* [Электронный ресурс]. 2011. – URL: https://gos-it.fandom.com/wiki/Основы_человеко-машинного_взаимодействия (дата обращения: 11.04.2022).
112. Эвристики Нильсена для решения проблем пользовательского интерфейса // *Askusers* [Электронный ресурс], 01.03.2017. – URL: <https://askusers.ru/blog/pravila/evristiki-nilsena-kak-ikh-ispolzovat/> (дата обращения 22.02.2022).
113. Constantine L. L., Lockwood L. A. D. *Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centered Design*. Addison-Wesley Professional, 1999.
114. Метафоры пользовательского интерфейса // *IT для бизнеса* [Электронный ресурс], 04.02.1999. – URL: https://ko.com.ua/metafory_polzovatelskogo_interfejsa_129360 (дата обращения 22.02.2022).
115. Azuma R. A Survey of Augmented Reality // *Wayback Machine Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1997. P. 355-385.
116. Волченков Е. Стандартизация пользовательского интерфейса // *Открытые системы*. 2002. № 04. – URL: <https://www.osp.ru/os/2002/04/181312> (дата обращения 20.04.2022).
117. Командный интерфейс пользователя // *mognovse.ru* [Электронный ресурс], 2020. – URL: <https://mognovse.ru/tv-komandnij-interfejs-polezovatelya-interfejs-komandnoj-stro.html> (дата обращения 22.02.2022).
118. Пользовательский интерфейс // *Информатика. Информация и ее свойства* [Электронный ресурс], 2013. <http://ivansamarin.blogspot.com/2013/02/blog-post.html> (дата обращения 22.02.2022).
119. GUI Графический интерфейс пользователя // *intellect.icu* [Электронный ресурс], 2020. – URL: <https://intellect.icu/gui-graficheskij-interfejs-polzovatelya-9531> (дата обращения 22.02.2022).
120. Чернецкая Е. Д. Структурная организация концептуальных моделей у операторов атомных станций. Дис. ... канд. псих. наук по спец. 19.00.03 – психология труда, инженерная психология, эргономика (психологические науки). – М.: Институт психологии РАН, 2016. – 166 с.
121. ГОСТ 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2017. – 77 с.
122. 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.
123. 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).

124. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – М.: Стандартиформ, 2012.

125. Ещё раз про семь основных методологий разработки // Habr [Электронный ресурс], 2015. – URL: <https://habr.com/ru/company/edison/blog/269789/> (дата обращения 22.12.2022).

126. Лаврищева Е., Петрухин В. Методы и средства инженерии программного обеспечения // ИНТУИТ: открытый университет [Электронный ресурс], 2015. – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/945/237/info/> (дата обращения 22.12.2022).

Научное издание

Макаренко Сергей Иванович

(Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича)

Интероперабельность человеко-машинных интерфейсов

Монография

Монография рекомендована к публикации
ученым советом Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра
Российской академии наук

Рецензенты:

Козлов Сергей Витальевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник (Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва);

Мерзлякова Екатерина Юрьевна, кандидат технических наук (Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Новосибирск);

Сергеев Сергей Федорович, доктор психологических наук, профессор (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург);

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

ISBN 978-5-907618-37-4



Гарнитура «TimesNewRoman». 11,62 п.л.
Тираж 600 экз. Подписано в печать 20.02.2023.

Материалы изданы в авторской редакции



Макаренко Сергей Иванович – доктор технических наук, доцент. Член-корреспондент Академии военных наук.

Родился в 1980 году в Ставрополе. В 2002 году окончил Военный авиационный технический университет имени проф. Н. Е. Жуковского (филиал в г. Ставрополь) по специальности «Автоматизированные системы управления и обработки информации».

В 2007 году в Ставропольском высшем военном авиационном инженерном училище 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 в АО «НИИ «Рубин» защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

По состоянию на 2022 год входит ТОП-100 рейтинга Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) наиболее цитируемых ученых России в тематических областях «Связь» и «Военное дело».

ISBN 978-5-907618-37-4



9 785907 618374