

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ**

На правах рукописи

Терехов Алексей Николаевич

**РАЗВИТИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ СВЯЗИ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕЛЕФОННОЙ НУМЕРАЦИИ**

Специальность 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата технических наук**

**Научный руководитель –
кандидат технических наук,
доцент Рысин Ю. С.**

Москва – 2014

АННОТАЦИЯ

Диссертация посвящена разработке метода оценки качества восприятия пользователями телефонных услуг связи при эксплуатации и его повышения при развитии телекоммуникационных систем за счёт совершенствования аудиоинформационных устройств.

В диссертации под развитием сетей связи понимается изменение не только структуры систем, сетей и устройств телекоммуникаций, но и телефонной нумерации.

В работе выявлены основные аспекты и предложены критерии, определяющие качество восприятия пользователями телефонных услуг связи. Исследованы пути повышения качества восприятия пользователями телефонных услуг связи при изменении телефонной нумерации (на примере Московской ГТС). Разработан подход для экспресс-оценки качества передачи речи для применения в аудиоинформационных устройствах (АИУ) при развитии телефонных сетей.

Выявлены критерии и соответствующий им диапазон допустимых оценок качества восприятия телефонных услуг связи QoE , зависящие от параметров информационных сигналов и методов организации информационного обмена. Установлены причины и определен допустимый диапазон снижения оценки качества телефонных услуг связи QoE , учитывающий продолжительность установки внедрённых на МГТС (более 400 шт.) разработанных АИУ. Накоплен опыт по их применению при изменении телефонной нумерации.

Развит метод, включающий программное обеспечение для определения коэффициента эффективных попыток вызовов, позволяющий оценить качество восприятия телефонных услуг связи QoE на основе установленной взаимосвязи данного показателя с объективными параметрами функционирования сетей связи - NP . Установленная зависимость основана на модели системы «Человек–Машина–Среда», адаптированной к виду «Абонент-ТфОП-Акустическая среда». Определено, что при оценке качества восприятия телефонных услуг связи необходимо учитывать передачу сложносоставных числительных с использованием IP -пакетов в условиях акустических шумов и методы кодирования информации.

Разработаны системно-сетевые аспекты применения созданных АИУ, позволяющие минимизировать последствия изменения телефонной нумерации. Разработан подход и программное обеспечение для определения требуемого количества АИУ. Разработан алгоритм, позволяющий определять вероятность функционирования наугад взятого АИУ с электропитанием от произвольной абонентской линии. Практически подтверждено, что вероятность функционирования АИУ при существующем распределении длин абонентских линий составляет 95 %.

Развит метод интегральной оценки качества восприятия телефонных услуг связи, основанный на опыте пользователей-*Quality of Experience (QoE)*, адаптированный для условий развития и эксплуатации сетей связи. Разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий изучать влияние совокупности параметров функционирования сетей связи -*Network Performance (NP)* на качество восприятия телефонных услуг связи.

Проведённые исследования позволили создать и внедрить на Московской ГТС аудиоинформационные устройства с электропитанием посредством абонентских линий. Их применение способствует повышению качества восприятия телефонных услуг связи при эксплуатации и развитии сетей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр
Введение	7
Глава 1. Исследование и анализ основных методов и средств оценки качества телефонных услуг связи	12
1.1 Введение в понятие качества восприятия телефонных услуг связи - <i>Quality of Experience</i>	12
1.2 Исследование и анализ влияния основных факторов окружающей среды и сетевых параметров на трафик и оценку качества восприятия телефонных услуг связи	15
1.2.1 Влияние параметров каналов связи и акустических условий в месте приёма информации на оценку качества передачи речи	15
1.2.2 Влияние взаимной узнаваемости абонентов и естественности звучания на качество передачи речи	19
1.2.3 Увеличение длительности обслуживания абонентов при изменении телефонной нумерации	22
1.2.4 Влияние передачи дополнительной информации на качество восприятия	23
1.3 Анализ влияния основных средств оповещения, включая аудиоинформационные устройства, на оценку качества телефонных услуг связи	23
1.3.1 Исследование места аудиоинформационных устройств в системе «Человек – Машина – Среда»	23
1.3.2 Исследование характеристик и параметров аудиоинформационных устройств	24
1.3.3 Применение накопителей речевой информации в устройствах оповещения об изменении телефонной нумерации	25
1.4 Анализ основных методов оценки качества восприятия - <i>Quality of Experience</i> услуг связи при изменении телефонной нумерации	31
1.4.1 Анализ методов оценки разборчивости и качества передачи речи	31
1.4.2 Анализ методов оценки качества восприятия - <i>Quality of Experience</i> телефонных услуг связи	38
Выводы по главе 1	42
Глава 2. Развитие метода оценки качества восприятия телефонных услуг связи и средств его повышения	43
2.1 Разработка процедуры оценки вероятности охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации	43

2.2	Совершенствование параметров и характеристик разрабатываемого аудиоинформационного устройства для повышения оценки качества восприятия - <i>Quality of Experience</i> телефонных услуг связи	45
2.2.1	Повышение устойчивости установления телефонного соединения	45
2.2.2	Предпосылки к определению вероятности работоспособности случайно выбранного аудиоинформационного устройства на произвольной абонентской линии	50
2.2.3	Оценка влияния многоуровневой <i>flash</i> -памяти, в том числе с наличием консервативных ячеек, на электроакустические параметры	50
2.2.4	Способы повышения энергетических показателей аудиоинформационных устройств	55
2.3	Формирование требований к основным характеристикам, области применения и классификационным признакам аудиоинформационных устройств	61
2.4	Разработка алгоритма модели «Абонент-ТфОП- Среда акустическая», учитывающего влияние выявленных факторов на качество восприятия услуг связи	66
2.5	Развитие выбранного метода интегральной оценки качества восприятия услуг связи при изменении телефонной нумерации	69
2.5.1	Общие положения	69
2.5.2	Анализ первичных нормативно-правовых документов	70
2.5.3	Проведение социологического опроса пользователей	70
2.5.4	Развитие метода интегральной оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации	71
	Выводы по главе 2	74
Глава 3.	Моделирование процессов восприятия телефонных услуг связи	75
3.1	Моделирование модифицированного метода оценки качества передачи речи	75
3.2	Разработка критериев для моделирования метода оценки качества восприятия телефонных услуг связи	78
3.3	Использование фактора задержки передачи информации для оценки качества восприятия телефонных услуг связи	82
3.3.1	Порог восприятия запаздывающих акустических сигналов (эхо-сигналов)	82
3.3.2	Способ реализации задержки интерактивного оповещения ..	84

3.4	Моделирование функционирования аудиоинформационного устройства с электропитанием посредством произвольной абонентской линии.....	88
3.4.1	Выявление аппроксимирующей функции распределения токов потребления аудиоинформационных устройств	88
3.4.2	Модель распределения токов абонентских линий	92
3.4.3	Определение вероятности работоспособности случайно выбранного аудиоинформационного устройства на произвольной абонентской линии	93
3.5	Алгоритм имитационного моделирования метода оценки качества восприятия услуг связи при изменении телефонной нумерации	94
3.5.1	Требования к подготовке фонограммы оповещения об изменённом телефонном номере	94
3.5.2	Имитационное моделирование процесса оповещения об изменении телефонной нумерации	94
3.5.3	Установление необходимого количества повторов изменённого телефонного номера	95
3.5.4	Порядок оценки эффективных попыток вызова	95
3.5.5	Последовательность проведения контрольных вызовов	96
	Выводы по главе 3	98
Глава 4.	Реализация метода оценки качества восприятия услуг связи и средств его повышения при изменении телефонной нумерации	99
4.1	Возможность технической реализации аудиоинформационных устройств с электропитанием посредством абонентских линий.....	99
4.2	Разработка процедуры оценки вероятности охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации	103
4.3	Выбор метода записи речи для оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации	107
4.4	Зависимость качества восприятия услуг связи от длительности оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации	109
4.5	Анализ и сравнение результатов и критериев оценки качества восприятия телефонных услуг связи путём социологического опроса, имитационного моделирования и натурального эксперимента	112
	Выводы по главе 4	116
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
	Список основных сокращений	118

Список литературы	119
Приложения	132
Приложение 1 Длительность обслуживания абонентов	132
Приложение 2 Структурные и схемотехнические решения абонентских аудиоинформационных устройств.....	141
Приложение 3 Реализация технических средств, повышающих качество восприятия услуг телефонной связи для абонентов с логоневрозом.....	153
Приложение 4 Расчёт коэффициентов детерминации и корреляции для интерполирующих функций	160
Приложение 5 Зависимость слоговой разборчивости от числа перезаписей информации	165
Приложение 6 Выборочные статистические измерения параметров аудиоинформационных устройств	167
Приложение 7 Анкета для оценки качества восприятия телефонных услуг связи...	169
Приложение 8 Характеристики многоуровневой <i>flash</i> -памяти	172
Приложение 9 Классификация многоуровневой <i>flash</i> -памяти по полосе пропускания	180
Приложение 10 Свидетельства о регистрации программных продуктов	181
Приложение 11 Патент на изобретение.....	185
Приложение 12 Аудиоинформационные устройства с электропитанием посредством абонентской линии	190
Приложение 13 Акты о внедрении результатов диссертации.....	191
Приложение 14 Причины снижения качества восприятия телефонных услуг связи при изменении нумерации (на примере Московской ГТС)	195
Приложение 15 План реконструкции аналоговой ёмкости Московской ГТС	196
Приложение 16 Уточнённый план реконструкции аналоговой ёмкости Московской ГТС.....	199
Приложение 17 Декларация о соответствии разработанных аудиоинформационных устройств (АТЛ-8мс) требованиям «Правила применения оконечного оборудования, подключаемого к двухпроводному аналоговому стыку ТфОП»	200

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Развитие сетей связи направлено на увеличение числа абонентов, а также на улучшение количественных и качественных показателей предоставляемых услуг. Переходный процесс в ходе, которого реализуется развитие сетей связи, может привести к снижению качества восприятия предоставляемых услуг. Примером такого процесса служит изменение телефонных номеров, осуществляемое при переходе к международному плану нумерации или при увеличении числа абонентов в мегаполисах [11, 26, 102, 103, 187, 196]. Существующие методы оценки качества услуг и функционирования сети не позволяют оценить качество восприятия в процессе изменения нумерации, поэтому развитие методов оценки качества услуг, а также способы его повышения являются ключевым направлением данного исследования.

Для получения численных значений качества восприятия телефонных услуг применяются объективные методы оценки. Анализ зарубежной литературы [187, 200, 202-209] показал, что исследования качества восприятия телефонных услуг при изменении телефонной нумерации не производились. Зарубежный опыт [196-199, 202] развития сетей связи демонстрирует единовременное и единообразное введение новой нумерации, что объясняет отсутствие метода оценки качества телефонных услуг. Отечественные исследования по обеспечению качества при переходе Московской ГТС на семизначную нумерацию производились на кафедре «Радиовещание и электроакустика». Решались следующие задачи: улучшения качества передачи речи по каналам связи и нормирования их параметров; определения заметности искажений и помех; увеличения срока службы информационных носителей; совершенствования звуковых трактов и устройств оповещения. Предшествующие исследования не могли учесть специфику перехода на 10-ти значную нумерацию [145, 146, 151-155, 158-166] (в 2013 г.), поэтому в диссертации выполнено развитие метода оценки и средств повышения качества восприятия телефонных услуг. Для обеспечения гарантированного качества услуг и определения допустимого порога его снижения, получаемого в процессе развития сетей связи, необходимо выявить и учесть их изменяющиеся параметры. Типовыми причинами снижения качества телефонных услуг, основанных на качестве восприятия-*Quality of Experience (QoE)* [92, 167, 176, 192-195, 240], является воздействие шумов и помех, а также влияние параметров функционирования сетей - *Network Performance (NP)* [141, 189-191] и качества обслуживания-*Quality of Service (QoS)* [144, 176, 194, 195, 238, 239]. Для существующих абонентов снижение *QoE*, привносимое современным развитием ГТС, усугублялось длительным и многообразным введением новой нумерации, а также несколькими вариантами набора телефонного номера из одного кода в другой.

Устранить последствия указанного снижения возможно за счёт своевременного оповещения [13-16, 23, 25, 31, 33-35, 43, 50, 90, 91, 113, 128] абонентов о новом способе набора привычного телефонного номера. Анализ существующей базы Московской ГТС показал наличие нескольких поколе-

ний АТС, совместимых только на аналоговом уровне. Для информирования пользователей о новых телефонных номерах требуется обеспечить оповещение на всех типах АТС. Кроме того, из-за отсутствия методов расчёта, вероятность охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации [129], определялась экспериментально – итерационным путём. При этом показано, что для оповещения организаций необходимо применять индивидуальный способ оповещения [33-35, 43, 90, 91, 128], соизмеримый по качественным показателям с групповыми [15, 16, 37-39, 45, 113].

Дополнительные аналитические исследования продемонстрировали возможность расширения области применения способов оповещения в составе: систем контроля качества восприятия телефонных услуг (с использованием интрузивных методов), устройств задержки интерактивного вещания и коррекции логоневроза (метод, основанный на задержке речевого сигнала) [120, 121, 123].

Степень разработанности темы. Для решения поставленных задач применялись элементы теорий вероятности и массового обслуживания [93-96, 148-150, 156, 157]. Развитие метода оценки качества восприятия телефонных услуг связи выполнено на основе формализованной модели системы «Абонент–ТфОП– Среда акустическая» [51-55, 73, 98]. Исследование методов оценки качества сетей связи опирается на результаты работ российских учёных: Вемяна Г.В., Гордиенко В.Н., Горона И.Е., Покровского Н.Б., Сапожкова М.А. и др. Существенный вклад в их развитие внесли: Волков А.А., Гитлиц М.В., Докучаев В.А., Кочеров А.В., Мишенков С.Л., Нетес В.А., Орлов В.Г., Попов О.Б., Пшеничников А.П., Шаврин С.С., Летников А.И. и др. Среди зарубежных учёных следует отметить: *Veljkovica S.* (повторные попытки вызова); *Fletcher H., Robinson D. W.* (кривые равной громкости); *Itakura F., Markela J., Rabiner L., Saito S., Schafer W., Schröder M., Jakobson R.* (цифровая обработка, синтез и восприятие речи); *Hollier M., Soldani D., Li M., Sypli V.* (оценка *QoS* и *QoE* в системах связи). Анализ перечисленных работ и нормативных документов показывает недостаточную глубину исследований данной тематики, применительно к процессу развития сетей связи.

Таким образом, анализ литературных источников [53, 92, 141-146, 151-155, 158-167, 176, 189-195, 238-240] показал недостаточную проработку методов оценки качества услуг связи, применяемых при изменении телефонной нумерации. Развитие метода оценки и средств повышения качества услуг связи направлено на обеспечение гарантированного качества восприятия в процессе изменения телефонной нумерации.

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является развитие метода оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации. Для достижения этой цели в диссертации решены следующие задачи:

1. Выполнено развитие метода интегральной оценки качества услуг связи [130, 131, 136, 137], применительно к процессу изменения телефонной нумерации.
2. Разработана модель для оценки качества восприятия услуг связи, позволяющая учесть спо-

события оповещения об изменении телефонной нумерации и параметры акустической среды [25, 130, 136, 137].

3. Создан алгоритм оценки качества восприятия [131] телефонных услуг связи. Адаптирован метод расчёта коэффициента эффективных попыток вызовов к изменению телефонной нумерации [83, 136-138].

4. Выявлены причины и получены оценки снижения качества восприятия услуг связи в процессе изменения телефонной нумерации [2, 131, 132, 136, 137].

5. Разработаны критерии восприятия услуг связи и определена вероятность прекращения оповещения при изменении телефонной нумерации [33-35, 43, 90, 91, 92, 128, 129, 133, 134, 136].

6. Исследованы способы записи и методы кодирования речи [23, 37, 39, 65, 66, 71, 132] для синтеза информационных сообщений [135, 137-139] применяемых при изменении телефонной нумерации.

Научная новизна.

1. Выполнено развитие метода интегральной оценки качества услуг связи [130], отличающегося учётом восприятия пользователями изменения телефонной нумерации и позволяющего сформулировать требования к услуге «Информирование абонентов об изменении телефонной нумерации».

2. Предложено использовать формализованную модель «Абонент–ТфОП– Среда акустическая» [98] для оценки качества восприятия услуг связи, отличающуюся от известных учётом способов оповещения об изменении телефонной нумерации и параметров акустической среды.

3. Создан и реализован на ПЭВМ алгоритм оценки качества восприятия пользователями телефонных услуг связи, отличающийся учётом субъективной составляющей коэффициента эффективных попыток вызовов [25, 83, 138] и специфики русского языка при передаче сложносоставных числительных по сетям с коммутацией пакетов [136-139].

4. Разработана процедура оценки вероятности охвата абонентов оповещением [129] об изменении телефонной нумерации, гарантирующая качество восприятия услуг связи.

5. Разработаны критерии восприятия услуг связи при изменении телефонной нумерации, позволяющие определить порог прекращения оповещения пользователей, отличающиеся учётом параметров среды передачи информации [33-35, 43, 90, 91, 92, 128].

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическую значимость имеют: полученная зависимость оценки качества восприятия телефонных услуг связи от объективных параметров качества обслуживания [2, 83, 130, 131, 135, 139], позволяющая использовать её при расчёте интегрального восприятия абонентом оказываемой услуги; уточнённый коэффициент эффективных попыток вызовов [25, 83, 138] и необходимая длительность оповещения абонентов об изменении нумерации [23, 25, 136]; предложенные

и обоснованные критерии и соответствующий им диапазон допустимых оценок качества восприятия при развитии сетей связи [2, 66, 83, 132, 137]; разработанный подход для обеспечения заданной вероятности охвата абонентов оповещением об изменении нумерации [129].

Практической ценностью обладают: разработанный программно-аппаратный комплекс, имитирующий влияние совокупности параметров функционирования сетей связи (задержка, джиттер, потеря IP-пакетов и т.д.) на оценку качества восприятия телефонных услуг связи; предложенный алгоритм, позволяющий определить вероятность прекращения оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации [33, 90, 91, 128].

Полученные результаты диссертации внедрены в виде одноканальных и четырехканальных устройств [33, 90, 91, 128] оповещения об изменении телефонной нумерации на Московской ГТС, что позволило перейти на 10-значную нумерацию (2013 г.) без существенного снижения оценки качества восприятия телефонных услуг связи, **реализованы в НИР** «Разработка методик оценки качества восприятия пользователем (*QoE*) мультисервисных услуг по параметрам качества обслуживания (*QoS*) и концепции автоматического непрерывного контроля качества телефонной передачи «из конца в конец»» в разделе, посвященном качеству восприятия телефонных услуг связи, проводимой по заказу ОАО «Ростелеком» в 2012 г., а также использованы в учебном процессе кафедр «Телевидение и звуковое вещание им. С.И. Катаева», «Экология, безопасность жизнедеятельности и электропитание» в ФГОБУ ВПО МТУСИ. Полученные теоретические и практические результаты работы подтверждаются соответствующими актами [Приложение 13 к диссертации].

Методология и методы исследования. Результаты диссертационной работы получены с применением элементов методов теории вероятности и массового обслуживания [93-96, 148-150, 156, 157]. При оценке качества передачи и разборчивости речи использованы субъективные (парных сравнений, балльной оценки) и объективные (интрузивные, неинтрузивные, моделируемые) методы [1, 4, 6, 17, 18, 21, 53, 54, 57, 65, 92, 168, 172-175, 180, 181, 244-273], выполнено компьютерное моделирование, результаты которого подтверждены экспериментом.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Для применения метода интегральной оценки качества услуг связи к процессу изменения телефонной нумерации необходимо дополнительно учитывать установленную в диссертации зависимость качества восприятия от изменения параметров функционирования сетей [2, 83, 130, 131, 138, 139].

2. При интегральной оценке качества телефонных услуг рекомендовано применять модель «Абонент–ТфОП–Среда акустическая». В данной модели использована установленная в процессе изменения телефонной нумерации зависимость качества восприятия услуг связи от способов оповеще-

ния и параметров акустической среды [98].

3. Для оценки качества восприятия [2, 83, 130, 131, 138, 139] и определения коэффициента эффективных попыток вызовов [25, 83, 138] в сетях с коммутацией пакетов предложено применять фразовую разборчивость сложносоставных числительных [137-139] и учитывать продолжительность оповещения абонентов об изменении телефонной нумерации.

4. Для повышения оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации [130, 131, 135-139] предложено использовать разработанные рекомендации по применению способов оповещения.

5. Для определения порога прекращения оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации рекомендуется использовать разработанные критерии восприятия услуг связи, учитывающие параметры среды передачи информации [98, 129, 131, 138].

6. Для обеспечения высокой разборчивости информационных сообщений, используемых при изменении телефонной нумерации, рекомендуется применять выбранные в диссертации способы записи и метода кодирования речи [23, 37, 39, 65, 66, 71, 132].

Степень достоверности и апробация результатов. Основные результаты диссертационной работы в период 2002 – 2014 гг. докладывались и обсуждались более чем на 20 научно-технических конференциях и форумах, в том числе международных: межрегиональных конференциях Московского НТОРЭС им. А. С. Попова «Обработка сигналов в системах телефонной связи и вещания»; научных конференциях профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава МТУСИ; международных НТК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения»; международных научно-технических школах-конференциях «Молодые учёные»; отраслевых научных конференциях «Технологии информационного общества»; международной НТК «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»; международных научно-технических школах-конференциях «Интерматик»; отраслевых научных конференциях «Телекоммуникационные и вычислительные системы» и др [2, 14 - 16, 31, 35, 37, 39, 43- 45, 66, 71, 81, 83, 98, 113, 120-123, 132-139].

По теме диссертации опубликовано 8 статей в **перечне рецензируемых научных изданий** [23, 25, 34, 88, 127, 129-131] пять - единоличные, имеется 1 авторское свидетельство на изобретение [12], 4 свидетельства о регистрации программных продуктов [33, 90, 91, 128].

Объём работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка из 273 наименований, 17 приложений. Работа изложена на 131 странице, содержит 63 рисунка и 27 таблиц.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕЛЕФОННЫХ УСЛУГ СВЯЗИ

1.1 Введение в понятие качества восприятия телефонных услуг связи – *Quality of Experience*

Вопросу оценки качества телефонной передачи посвящена работа [1]. В диссертации предлагается выразить качество восприятия телефонных услуг связи через степень затруднения пользователей телекоммуникационных систем. Дискомфортность (затруднения) пользователей услуг телефонной связи – это различие в оценках непосредственного общения и общения на расстоянии (качества восприятия телефонных услуг связи). Математически понятие дискомфорта возможно выразить следующим образом:

$$D_{\text{то}} = K_{\text{но}} - K_{\text{то}}, \quad (1.1)$$

где: $D_{\text{то}}$ – абсолютное значение дискомфорта телефонного общения, $K_{\text{но}}$ – комфортность непосредственного общения (за 100% общение принимается ведение разговора при непосредственном общении абонентов на расстоянии 0,6 метра друг от друга); $K_{\text{то}}$ – качество восприятия телефонных услуг связи [2].

Численная оценка показателей качества восприятия телефонных услуг связи должна включать в себя: качество передачи речевого сигнала; качество предоставления услуги; качество функционирования сети; качество обслуживания пользователей; качество каналов и т. п. (рисунок 1.1, 1.2 определено в [3]).

Удобство предоставляемых услуг связи определяется субъективным восприятием абонента вносимых в изначальный сигнал искажений параметрами и характеристиками как оборудования, так и каналов связи, являющихся отличительными чертами телефонного общения по сравнению с непосредственным общением. Возможно определение качества восприятия услуг телефонной связи через понятие дискомфорта.



Рисунок 1.1. Качество услуги

Качество восприятия телефонных услуг связи – это разница между оценкой непосредственного общения и дискомфортом пользователей услуг телефонной связи. Для оценки качества восприятия телефонных услуг связи можно принять оценку непосредственного общения за 100, тогда формула (1.1) примет следующий вид:

$$K_{то} = 100 - D_{то} . \quad (1.2)$$

Для обеспечения качества восприятия телефонных услуг связи при дуплексном и групповом информационном обмене основополагающими факторами являются: смысловая разборчивость; взаимная узнаваемость абонентов; натуральность звучания речи; акустические условия в точке приёма и передачи информации; качественные характеристики методов кодирования и их оценка; помехи каналов связи.



Рисунок 1.2. Качество функционирования сети

Под качеством восприятия телефонных услуг связи подразумеваются совокупность объективных параметров и субъективных показателей информационных сигналов и методов организации обмена, позволяющие оценить усилия абонентов для достижения ими цели – получения услуг телекоммуникационных систем [167].

При осуществлении доступа к телефонным абонентам важными критериями являются: переход с 7 на 10-значную нумерацию и объективные причины дискомфорта пользователей, связанных с этим переходом; порядок начала передачи информационного обеспечения абонентов об изменении нумерации, его продолжительность и цикличность; увеличение длительности и вероятности появления ошибок при наборе номера; невозможность соединения с вызываемым абонентом. Современное повышение значности телефонных номеров, направленное на обеспечение связью новых абонентов, сопровождается увеличением длительности набираемого номера к существующим абонентам и, как следствие, повышением вероятности ошибок, что вызывает снижение оценки качества восприятия телефонных услуг связи.

Использование АИУ вызывает дискомфорт у абонентов, связанный с необходимостью чётко излагать свои мысли при формировании информационных сообщений. Предложенные

составляющие качества восприятия телефонных услуг связи при изменении нумерации представлены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3. Составляющие качества восприятия телефонных услуг связи

Однако всё вышперечисленное входит в известные понятия Качества услуги- *Quality of Service (QoS)* и Качества функционирования сети - *Network Performance (NP)*, тогда качество восприятия телефонных услуг связи определяется как интегральная совокупность этих понятий (рисунок 1.4). Качество услуги ориентировано на пользователя; оценивается между точками (в точках) доступа к услуге и определяется как суммарный эффект качественных показателей службы связи. Параметры качества речи и методы их измерений приведены в [4]. В [5] дано следующее определение *QoS*: «Качество услуги – комплексная характеристика электросвязи, определяющая степень удовлетворения пользователя этой услугой»[168].



Рисунок 1.4. Качество восприятия телефонных услуг связи

Качество функционирования сети (*NP*) ориентировано на оператора сети; характеризует эффективность обслуживания трафика как по элементам соединения, так и по сквозным соединениям. В случаях, когда необходимо выделить качество отдельных этапов деятельности, употребляется термин «качество обслуживания», например, качество обслуживания пользователя; качество обслуживания вызовов и т. д. Все характеристики (атрибуты) качества услуг и качества функционирования сети делятся в соответствии с Рекомендацией [168] на две категории:

– первичные, определяемые путем прямого наблюдения в точке доступа к услуге и относящиеся к какому-либо моменту времени;

– производные, определяемые на основании одной или нескольких первичных характеристик. В [5] эти атрибуты классифицированы как:

– параметры качества (услуг, работы сети, обслуживания пользователей), значения которых получены на основании измерений, опросов или данных статистической отчетности; с их помощью оцениваются показатели качества;

– показатели качества (услуг, работы сети, обслуживания пользователей), значения которых получены по результатам расчетов параметров качества; данные показатели характеризуют деятельность служб.

При нормировании качества услуг и функционирования сети выделяют следующие уровни:

– целевой (высокое качество): качество соответствует международным стандартам и/или превышает нормальный уровень более чем в 1,5 раза;

– нормальный (хорошее качество): качество соответствует нормативам отрасли, приведенным в нормативных документах;

– предельный (удовлетворительное качество): допустимый уровень снижения качества при форс-мажорных обстоятельствах [3].

1.2 Исследование и анализ влияния основных факторов окружающей среды и сетевых параметров на трафик и оценку качества восприятия телефонных услуг связи

1.2.1 Влияние параметров каналов связи и акустических условий в месте приёма информации на оценку качества передачи речи

На качество передачи речи, кодирование которой осуществляется разными методами, оказывают влияние параметры каналов связи. Если запись сообщения производилась заранее и обрабатывалась, а смена информации заключается в замене файла в памяти, то исключается возможность снижения качества записи из-за влияния акустических шумов и шумов канала передачи. При дистанционной смене информации возможно ухудшение качества записи как из-за акустических шумов, так и из-за различных помех, возникающих в аналоговых каналах связи и передачи. То есть на фоне полезного речевого сигнала возможно появление интенсивных посторонних шумов и различного рода помех, затрудняющих понимание лингвистического содержания речи, поскольку они мешают слуховому восприятию словесной информации, а потому от помех желательно избавляться, используя различные методы и способы шумоочистки.

Чтобы выбрать лучший метод или способ фильтрации шума для повышения разборчивости речи и комфортности ее прослушивания, необходимо предварительно кратко рассмотреть типы возникающих помех и их источников:

- помехи, вызванные каналом связи (телефонный тракт, радиоканал);
- шумы и нелинейные искажения звукозаписывающей аппаратуры и носителя;
- шумы, обусловленные звукозаписывающей и воспроизводящей аппаратурой;
- шумы и помехи, вызванные акустической средой звукозаписи и звуковоспроизведения (помещение для прослушивания).

Шумы и помехи могут быть как акустического, так и электрического происхождения. Однако независимо от происхождения их действие сводится к маскировке вторичного акустического сигнала, которая определяется повышением порога слышимости по сравнению с прослушиванием в тишине. Если в результате действия шумов порог слышимости получается не зависящим от времени, то такие шумы (по акустическим характеристикам) называют «гладкими». К этим шумам относятся речевые шумы от нескольких голосов, звучащих одновременно. Если в результате действия шумов порог слышимости изменяется во времени в зависимости от пик-фактора шума, то такие шумы называют импульсными. Импульсные шумы не только маскируют полезный сигнал, но и искажают его, создавая комбинационные частоты шума и сигнала. Получается нечто похожее на взаимную модуляцию сигнала и шума. Шумы электрического происхождения имеют спектр, как правило, близкий к равномерному, а шумы акустического происхождения – ближе к речевому. Частотная зависимость порога слышимости для первых имеет тенденцию роста к высоким частотам. Для речевых шумов порог слышимости почти не зависит от частоты. Индустриальные, атмосферные и станционные помехи, кроме тональных, по их действию могут быть отнесены и к импульсным, и к гладким с равномерным спектром или с низкочастотным.

Источники помех могут быть внутренние и внешние. Если зашумленный сигнал можно представить в виде суммы полезного сигнала и помехи, то такая помеха называется аддитивной. Аддитивную помеху часто называют шумом. Если на речевой сигнал накладывается какой-либо неотрицательный процесс, то помеху называют мультипликативной. На практике мультипликативная помеха возникает в тех случаях, когда параметры системы претерпевают случайные изменения во времени. В сущности, это наблюдается во всех реальных системах звукозаписи, но в большинстве случаев такие изменения всех параметров, хотя и существуют, но достаточно малые. То есть при звукозаписи на речевой сигнал воздействуют аддитивные и мультипликативные помехи. Так, например, если звукозапись проводится на открытой местности, то в качестве помех выступают различного рода шумы. В этом случае зашумленный речевой сигнал представляется как сумма полезного сигнала и шума.

Если звукозапись проводится в помещении или сигнал передается по радио, а также по телефонному тракту, то кроме различного рода аддитивных помех на сигнал накладываются мультипликативные помехи, имеющие частотнозависимую передаточную характеристику. То есть аддитивная смесь претерпевает дополнительные мультипликативные искажения, смесь домножается на резонансы передаточной характеристики тракта, и в результате полезный сигнал еще больше искажается. Задача устранения таких аддитивных и мультипликативных помех осложняется вариативностью характеристик акустических помех и трактов передачи. Здесь же необходимо отметить, что к мешающим факторам можно также отнести и собственную нестабильность речеобразующего тракта, которая выражается в интериндивидуальной вариативности речевых параметров, а также намеренное или функциональное изменение или искажение присущих человеку голосовых или речевых параметров. Указанные факторы присутствуют практически всегда в речевом сигнале, что требует их учета и нормализации. В общем виде искажения, вносимые различными элементами систем звукозаписи и воспроизведения (магнито-

фоны, усилители, акустические системы и т. д.), называют нелинейными. Они представляют собой изменения формы колебаний, проходящих через электрическую цепь (усилитель, трансформатор и т. п.) и вызванных нарушениями пропорциональности между мгновенными значениями напряжения на выходе и входе этой цепи, то есть имеет место нелинейная зависимость характеристики выходного напряжения от входного. Нелинейные искажения, вносимые аппаратурой, оцениваются величиной коэффициента нелинейных искажений. Незначительные нелинейные искажения (до 1,5 – 2%) изменяют тембр речи и затрудняют ее раздельное восприятие. С ростом нелинейных искажений на фонограмме появляются неприятные хрипы и дребезжание. Шумовые составляющие, вносимые в полезный сигнал устройствами звукозаписи и ее воспроизведения, характеризуются отношением «сигнал/помеха». Это отношение выражается в децибелах и показывает, насколько номинальный уровень выходного полезного сигнала превышает уровень помехи на выходе используемого устройства. Кроме того, телефонная сеть может вносить специфические дополнительные помехи в виде слабого эха с большой задержкой, которое в комплексе с узкополосными аддитивными помехами значительно влияет на восприятие речи, хотя ее разборчивость при этом может падать незначительно. Их появление связано с тем, что телефонная линия от абонента до телефонной станции делается двухпроводной (приходящий и уходящий сигналы переносятся одной парой проводов), которая преобразуется при помощи оконечного устройства на АТС в четырехпроводную, разделяя сигналы, следующие в противоположных направлениях. В идеале такое разделение может быть организовано достаточно точно, однако экономически невыгодно подбирать для каждого абонента свое оконечное устройство для получения сбалансированной мостовой схемы. В результате часто наблюдается разбалансировка и наблюдаются эхо-сигналы как результат возвращения говорящему части сигнала путем отражения. Они особенно заметны при передаче сигнала на большие расстояния (например, при междугородних разговорах).

Основными причинами помех являются:

- недостаточная звукоизоляция помещений, где производится звукозапись или где производится звуковая информация;
- пульсации выпрямленного тока в источниках питания, электрические и магнитные «наводки» от цепей переменного тока;
- хаотическое движение (флуктуации) электронов или других заряженных частиц в проводниках, резисторах, электронных приборах (транзисторах, лампах и т. д.);
- посторонние электрические и магнитные поля, создаваемые трансформаторами, электродвигателями, цепями переменного тока, соседними цепями в многопарных кабелях;
- специфические недостатки носителей записи, обусловленные неоднородностью магнитной ленты, а также копирэффekt и модуляционный шум;
- посторонние источники в каналах связи (атмосферные электрические разряды, промышленная, медицинская, бытовая электроаппаратура).

Необходимо также обратить внимание на такие часто встречающиеся искажения речевого сигнала, как реверберационные. Реверберационные искажения — это те искажения, которые претерпевает речевой сигнал от источника сигнала (речеобразующего тракта человека) до

приемника звукового давления (микрофон). Эти искажения относятся к классу мультипликативных помех и являются продуктом свертки речевого сигнала с импульсной характеристикой акустического тракта. Импульсная характеристика зависит от отражений и переотражений акустического сигнала, попадающего в микрофон (например, от стен, потолка помещения, мебели, различных предметов и т. п.). Она характеризуется временем реверберации, $RT60$ или T , (иногда говорят: время стандартной реверберации) или временем, когда звуковое давление на микрофоне падает относительно начального уровня на определенную величину (на 60 дБ или в 1000 раз). Это время тем больше, чем меньше звуковой энергии при отражениях поглощается стенами и предметами, находящимися в помещении.

Акустические свойства помещения существенно влияют на спектр речевого сигнала и, в первую очередь, на его высокочастотную область (они сильнее поглощаются элементами обстановки комнаты: коврами, мягкой мебелью, материалами ее обшивки, а также быстрее затухают с увеличением расстояния). При этом может меняться восприятие натуральности звучания речи. Наименьшие реверберационные искажения наблюдаются в открытой местности или в специально подготовленных безэховых помещениях. При малых значениях T за счёт реверберации увеличивается полезный уровень звукового давления в точке прослушивания. Так, в лучших концертных залах задержка между прямым звуком и первым отражением составляет от 10 до 20 мс. По мере увеличения времени реверберации речь начинает искажаться: сначала взрывные звуки, затем снижается разборчивость в целом, появляются «гулкость» и «бубнение», что делает речь абсолютно неразборчивой [6].

Измерения реальных телефонных каналов Московской ГТС свидетельствуют о том, что среднеквадратическое невзвешенное отношение сигнал/шум, сигнал/помеха (в том числе межканальная переходная помеха, возникающая в многопроводных кабелях и аппаратуре уплотнения) даже в часы пиковой нагрузки сети обычно не хуже 40 дБ, причем это отношение достигает 60 дБ и более в местах сети, где используются станционное оборудование и линейно-кабельные сооружения АТС последних поколений. В иные часы работы данное интегральное отношение, усредненное по сети, составляет не менее 50 дБ. Нелинейные искажения в телефонных каналах объясняются, как правило, состоянием станционного оборудования АТС (аппаратуры уплотнения) и поверхности контактов все еще применяемого устаревшего коммутационного оборудования (при использовании декадно-шаговых и координатных АТС). При этом минимальная величина коэффициента нелинейных искажений для такого оборудования обычно не превышает 0,2 – 0,5%.

В современных условиях, характеризующихся микрорайонной жилищной застройкой с собственными АТС, средняя протяженность абонентских линий обычно не превышает 0,8 – 1,2 км. В связи с этим спад АЧХ усредненной современной абонентской линии на верхней частоте (3,4 кГц) уменьшился на 5 – 10 дБ, что указывает на значительное снижение вклада неравномерности АЧХ абонентских линий в общую неравномерность АЧХ телефонных каналов, предоставляемых большинству абонентов. Другими существенными составляющими общей неравномерности АЧХ телефонных каналов являются, как известно, неравномерности АЧХ так называемых полосовых фильтров передачи и приема, которые, в конечном счете, определяют

полосу пропускания телефонного тракта и входят в состав стационарного оборудования АТС. В последние годы требования к данным фильтрам были повышены, что нашло отражение в [169], предлагающей соблюдать неравномерность их АЧХ в пределах менее 0,5 дБ в полосе частот 0,3 – 3,4 кГц. С учетом этих требований можно считать, что АЧХ усредненного реального телефонного канала имеет монотонно-спадающий характер. Величина спада составляет 4 – 7 дБ на частоте 3,4 кГц.

1.2.2 Влияние взаимной узнаваемости абонентов и естественности звучания на качество передачи речи

Взаимная узнаваемость абонентов и естественность звучания речи определяют качество телефонной связи. Оно варьируется по огромному, не поддающемуся точному учету, числу факторов, представляющих собой отдельные размеры комплексной оценки. Положение усугубляется еще и тем, что действие отдельных факторов нельзя рассматривать совершенно изолированно от действия других факторов. Необходимо учитывать и комбинированное действие целых групп факторов. Это, конечно, не означает, что нельзя получить оценку по одному отдельно взятому фактору или отдельной группе факторов. Следует иметь в виду, что полученная оценка не является комплексной для всей системы связи и что действие всех остальных факторов при получении такой оценки должно быть сведено к нулю. Последнее в значительном числе практических случаев не вызывает особых затруднений. Имея в виду сказанное, можно представить себе качество телефонной связи как сложную, многомерную величину, состоящую из двух основных компонентов – качества обслуживания и качества передачи.

Речь, являясь одной из самых ярких характеристик индивидуума, содержит в себе не только смысловую, но и эстетическую информацию. Поэтому желателен выбор таких критериев и методов оценки качества телефонной передачи, с помощью которых можно было бы оценить не только степень передачи смысла речи, но и степень передачи особенностей голоса говорящего и динамики речи. Все факторы, характеризующие качество передачи речи (разборчивость, громкость, естественность и мешающее влияние различных помех), определяются не только физическими характеристиками телефонного тракта и физиологическими свойствами участвующих в процессе приема-передачи слухового и речевого аппаратов человека, но и рядом субъективных и чисто психологических факторов. Таким образом, оценка качества телефонной передачи по своей природе субъективна и по существу не имеет смысла вне передающего и воспринимающего субъектов [7].

Абонентская оценка качества передачи – весьма сложная проблема. Естественно, что при оценке качества телефонной передачи абонент подсознательно учитывает действие всех или, по крайней мере, большинства факторов, определяющих качество передачи. Иными словами, оценка качества телефонной передачи абонентами является своего рода «интегральной» оценкой, учитывающей разборчивость, громкость, естественность звучания голоса собеседника и другие возможные факторы. В определенных условиях несколько незначительных на первый взгляд отрицательных явлений могут вызвать у абонентов такую же неудовлетворенность, как и один серьезный недостаток, и оказать решающее влияние на абонентскую оценку качества пе-

редачи. Поэтому постоянно присутствующий отрицательный фактор порой может представлять весьма серьезную опасность.

Все факторы, определяющие качество передачи и их удельный вес в «интегральной» абонентской оценке, связаны с психикой абонента, состоянием его нервной системы, необходимой торопливостью или, наоборот, со спокойствием, которое абонент испытывает, осуществляя нужное ему соединение. В этой связи можно сказать, что оценка качества телефонной передачи есть продукт мышления и состояния психики абонента, а не простое техническое измерение. Иными словами, оценка качества телефонной передачи есть психологическая реакция абонента на телефонную передачу. При таком подходе измерение качества телефонной передачи с учетом субъективности ее оценки сводится к применению таких методов и критериев, которые позволили бы выразить психологическую реакцию абонента мерой и числом.

Большое число не поддающихся точному учету факторов (как объективных, так и субъективных), оказывающих влияние на абонентскую оценку качества передачи, в сильной степени усложняет ее выражение мерой и числом. Учитывая различные вкусы и потребности, а также зависимость суждений абонентов о качестве передачи от их психического состояния, можно говорить лишь о какой-то усредненной абонентской оценке качества телефонной передачи. Достаточная точность такой оценки, очевидно, может быть обеспечена только статистическими методами. Однако не любые статистические методы могут использоваться для выражения психологической реакции абонента на телефонную передачу мерой и числом.

Звуковой сигнал (музыка, речь, шум и др.), поступающий на вход слуховых каналов, вызывает у слушателя определенные субъективные ощущения, основными из которых являются высота звука, громкость, тембр, пространственность и др. Каждое из этих ощущений сложным и неоднозначным образом связано с объективными параметрами звукового сигнала: интенсивностью, длительностью, спектральным составом, локализацией в пространстве и др. Установление этих связей и определение количественных соотношений между ними и есть одна из основных задач психоакустики. Человеческий слух обладает способностью реагировать на слуховые сигналы как очень малой интенсивности (звуковое давление $2 \cdot 10^{-5}$ Па – уровень 0 дБ), так и очень большой интенсивности (звуковое давление 20 Па – уровень 120 дБ), это соответствует динамическому диапазону 120 дБ [8].

Исторически первым критерием, по которому стали оценивать качество передачи, была громкость. Этот критерий был положен в основу метода определения так называемого эквивалента затухания, впервые описанного в документах МККФ в 1927 – 1928 гг. Подробно этот метод будет рассмотрен и описан ниже. Здесь лишь отметим, что громкость в испытуемом тракте телефонной связи оценивается путем субъективного сравнения с громкостью в другом тракте, принятом за эталон, причем мерой оценки качества испытуемого тракта является затухание, которое следует ввести (или вывести) в эталонную цепь для достижения одинакового субъективного ощущения громкости речи. Громкостью называется субъективное ощущение, позволяющее слуховой системе располагать звуки по определенной шкале от звуков низкой интенсивности («тихие» звуки) к звукам большой интенсивности («громкие» звуки). Громкость связана,

прежде всего, с таким физическим параметром звукового сигнала, как его интенсивность (т. е. звуковая энергия).

Чем больший уровень звукового давления (дБ) создает акустическая аппаратура, тем она громче звучит. Однако можно создать звуковые сигналы очень большой интенсивности и при этом никакого ощущения громкости не вызвать. И это при том, что слуховая система может быть даже повреждена – например, в случае, если эти сигналы будут слишком короткими (менее 35 мс) или слишком низкочастотными (ниже 100 Гц). Происходит это потому, что громкость зависит не только от интенсивности звука, но и от его частоты, спектрального состава, длительности, локализации в пространстве и др. Громкость звука – это субъективная величина, она характеризует ощущение слушателя, поэтому громкость не может быть измерена прямыми методами [1]. Известен альтернативный способ оценки качества передачи – это так называемый метод определения эквивалента затухания по разборчивости. В таблице 1.1 приведены критерии и методы оценки качества телефонного сигнала.

Таблица 1.1. Критерии и методы оценки качества телефонного сигнала

1. Разборчивость текста (распознавание сказанных слов)	Необходимо обеспечить равные условия теста (например, воспроизведение одинаковой фразы или фонограммы)
2. Громкость (субъективно ощущаемая сила звука, соотносимая с режимом ожидания)	Субъективная оценка громкости звука
3. Тембр (ощущение характерности звучания отдельных источников звука, их групп)	Тембр определяется частотным спектром, переходными процессами и уровнем звука источника. Тембр может изменяться в зависимости от акустической характеристики сигнала, а также от акустических неоднородностей помещения
4. Динамический диапазон (субъективно ощущаемое отношение максимальной и минимальной громкостей звукового явления)	Оценка динамического диапазона воспроизведения выполняется на выходе канала звукопередачи с учётом соотношения ожидаемого звучания и уровня акустических помех
5. Нелинейные искажения (изменение формы сигнала при прохождении через нелинейные части системы, в результате которых спектр выходного сигнала отличается от спектра входного сигнала)	Искажения, субъективно воспринимаемые на слух как хриплость, дребезг, «грязь» звучания из-за нелинейности амплитудной характеристики звукового тракта, могут быть оценены объективно – с помощью Измерителя нелинейных искажений и выражаться в коэффициенте гармоник или разностного тона
6. Электрические помехи (периодические, шумовые или импульсные процессы, возникающие в звуковых трактах)	Специфические явления, сопровождающие работу электроакустического оборудования, например: шумы, треск, фон, щелчки, тональные сигналы, переходные помехи. Объективные параметры – отношение сигнал/шум.
7. Линейные искажения	Искажения сигнала, вызванные зависимостью коэффициента передачи от частоты, воспринимаемые как изменения тембра. Объективный параметр – неравномерность АЧХ

Сущность этого метода состоит в том, что разборчивость в испытуемом тракте сравнивается с разборчивостью в другом эталонном тракте путем определения разности затуханий в цепях обоих трактов при условно регламентированной величине разборчивости. В настоящее время известен ряд статистических методов количественной оценки субъективных ощущений, вызванных различными по своей природе физическими источниками возбуждения. Эти методы, являясь в известной мере универсальными относительно источников возбуждения, носят название психофизических и довольно широко применяются в инженерной и экспериментальной

психологии. Ниже будут рассмотрены некоторые из них, используемые в последние годы при абонентской оценке качества телефонной передачи. От типа памяти и метода кодирования зависит естественность звучания воспроизводимой речевой информации. Для определения необходимых методов кодирования необходимо провести оценку качества звучания сигнала.

1.2.3 Увеличение длительности обслуживания абонентов при изменении телефонной нумерации

Вызов одним абонентом другого, общение между ними и взаимодействие с аудиоинформационными устройствами и системами – наиболее яркие примеры, позволяющие проследить основные аспекты качества восприятия телефонных услуг связи [9]. Изменение телефонной нумерации обусловлено:

- моральным и материальным старением оборудования АТС;
- увеличением числа абонентов в мегаполисах;
- переходом к общемировым стандартам.

В таблице 1.2 представлено изменение показателей качества восприятия телефонных услуг связи - *Quality of Experience (QoE)* при разных вариантах изменения нумерации.

Таблица 1.2. Изменение показателя качества восприятия телефонных услуг связи - *Quality of Experience (QoE)* при разных вариантах изменения нумерации

Оценка показателя <i>Quality of Experience (QoE)</i>	Описание градаций оценки степени сложности – привычности доступа к предоставляемым телекоммуникационным услугам.
5	Набор номера внутри зон 495, 499 (не требует дополнительной нагрузки на абонента – привычен).
4	Набор номера из зоны 499 в зону 495 и наоборот без изменения 7-значного номера (создаёт дополнительную нагрузку на абонента, связанную с необходимостью помнить территориальную привязку к зонам вызываемого абонента, в течение трёх месяцев обеспечивается аудиоинформационной поддержкой).
3	Набор номера внутри зон 495, 499 с изменением 7-значного номера (создаёт дополнительную нагрузку на абонента, связанную с необходимостью помнить территориальную привязку к зонам абонента, непривычен для большей части абонентов, в течение первых трёх месяцев обеспечивается поддержкой АИУ).
2	Набор номера из зоны в зону с изменением семизначного номера (создаёт повышенную дополнительную нагрузку на абонента, связанную с необходимостью помнить территориальную привязку к зонам абонента – привычен для части абонентов, осуществляющих междугородние переговоры, в течение первых трёх месяцев обеспечивается поддержкой АИУ).
1	Три вышеперечисленных случая по истечении 3 месяцев поддержки АИУ, в случае редкого общения (раз в 2 – 3 месяца). Сильная нагрузка на абонента, связанная с отсутствием понимания причин невозможности установить соединение с вызываемым абонентом.

Все вышеперечисленные причины приводят к дискомфорту абонентов за счёт:

- отсутствия единообразия при изменении нумерации (может измениться не только привычный индекс 495 на 499, но и первые цифры существующего номера);
- необходимость помнить зону не только вызываемого, но и вызывающего абонента;

- увеличение значности набираемого номера приводит к увеличению длительности установления соединения, вероятности появления ошибки и, как следствие, к повторному занятию каналов связи;

- установку аудиоинформационного устройства на ограниченный тремя месяцами период (после завершения которого вызывающий абонент не может установить причину отсутствия связи с вызываемым абонентом);

- «выпадение» части абонентов за рамки переключения телефонной станции, когда используются не групповые, а индивидуальные аудиоинформационные устройства для осуществления информирования об изменении номера.

Для оценки качества восприятия услуг телефонной связи *Quality of Experience (QoE)* при наборе номера при изменении нумерации можно использовать пятибалльную шкалу (таблица 1.2) по аналогии со шкалой оценки качества и предложить критерии, которые позволят оценить комфортность абонентов. Предложенная шкала позволяет получить примерную оценку качества восприятия телефонных услуг связи *Quality of Experience (QoE)*. В пункте П 1.1 приложения 1 рассмотрен вопрос, связанный с увеличением длительности обслуживания абонентов при осуществлении их вызова в различных зонах [10].

Результаты расчетов, представленных в приложении 1 (таблица П 1.2), позволяют определить относительное увеличение длительности аудиоинформационного обслуживания абонентов при переходе с 7 на 10-значную нумерацию [11]. В случае импульсного способа набора номера среднее время обслуживания увеличится примерно в два раза с 4,55 до 9,15 с. При тональном способе набора номера среднее время, затрачиваемое абонентом на доступ к обслуживанию, увеличится примерно в три раза: с 0,56 до 2,34 с.

1.2.4 Влияние передачи дополнительной информации на качество восприятия

Для расширения спектра предоставляемых услуг связи возможно организовать передачу дополнительной информации (ДИ) по каналу связи. Известны разные варианты передачи сигналов от источника дискретной (специальной) информации. При первом способе дополнительная информация передаётся шумоподобными сигналами (ШПС) таким образом, чтобы суммарная спектральная плотность мощности сигналов ДИ и флуктуационных помех была бы существенно меньше спектральной плотности мощности передаваемого сигнала. При втором способе сигналы ДИ передаются в естественных паузах, которые имеются в сигнале. При третьем способе для передачи сигналов ДИ специально создаются паузы, длительность которых не превышает интервалов «незаметности» для слушателя [12]. В пункте П 11.2 приложения 11 приведена оценка способов передачи дополнительной информации по каналам связи.

1.3 Анализ влияния основных средств оповещения, включая аудиоинформационные устройства, на оценку качества телефонных услуг связи

1.3.1 Исследование места аудиоинформационных устройств в системе «Человек – Машина – Среда»

Для оценки порога возникновения дискомфорта необходимо использовать систему «Человек-Машина-Среда», являющуюся основой *E*-модели, описанной в рекомендации G.107. При исследовании были определены показатели качества восприятия услуг телефонной связи:

1. Взаимодействие человека с АИУ в системе «Человек – Машина – Среда»;
2. Затрата времени абонентов на получение информации;
3. Качественные показатели речевого сообщения, а именно разборчивость речи и влияние на неё различных факторов.

Для этого проанализировано место и назначение АИУ в системах ЧМС. Исследованы информационные аспекты телефонного общения (ТО) при внедрении технологии АИУ в системы ЧМС. Выработаны рекомендации, позволяющие устранить информационные перегрузки, действующие на потребителя информации.

Предложены меры по улучшению психоакустических параметров работы оператора справочно-информационных служб (на примере Московской ГТС) и критерии для оценки показателя качества восприятия телефонных услуг связи:

- количественные параметры соединения;
- качественные показатели соединения;
- акустические параметры среды в месте передачи и приёма;
- электрические параметры канала передачи и приёма;
- надёжность передачи информации (электропитание посредством абонентских линий);
- психофизиологические причины дискомфорта абонентов;
- защита канала от несанкционированного использования и прослушивания.

В пункте П 1.2 приложения 1 (таблицы П 1.3 и П 1.4) приведены приоритеты составляющих качества восприятия телефонных услуг связи и информационных составляющих.

1.3.2 Исследование характеристик и параметров аудиоинформационных устройств

Снижение качества восприятия телефонных услуг связи возникает за счёт отсутствия своевременного оповещения пользователя в момент осуществления вызова по изменённому номеру. Для восстановления качественных показателей необходимо использовать специальные средства - аудиоинформационные устройства (АИУ) [13]. Одной из задач, которая решается в диссертации, является разработка метода для определения необходимого количества АИУ, требуемого для информирования абонентов об этом изменении. Таких методов на сегодняшний день не существует. АИУ наряду с неоспоримыми достоинствами обладают рядом недостатков, которые приведены ниже. Электропитание устройств осуществляется от встроенных источников или от энергосети. Применение батарей или аккумуляторов при питании устройства требует его технического обслуживания. В случае электропитания устройства от энергосети передача информации в них невозможна при её отключении. Это вызывает экономические потери и снижение имиджа компании за счет потери вызовов, поступивших в этот период времени. В устройствах с дистанционной сменой информации встает проблема защиты данных от несанкционированной перезаписи и стирания. Перспективным на сегодняшний день (рисунок 1.5), по

результатам многопараметрического сравнительного анализа, являются АИУ на базе многоуровневой *flash*-памяти с электропитанием от АЛ.

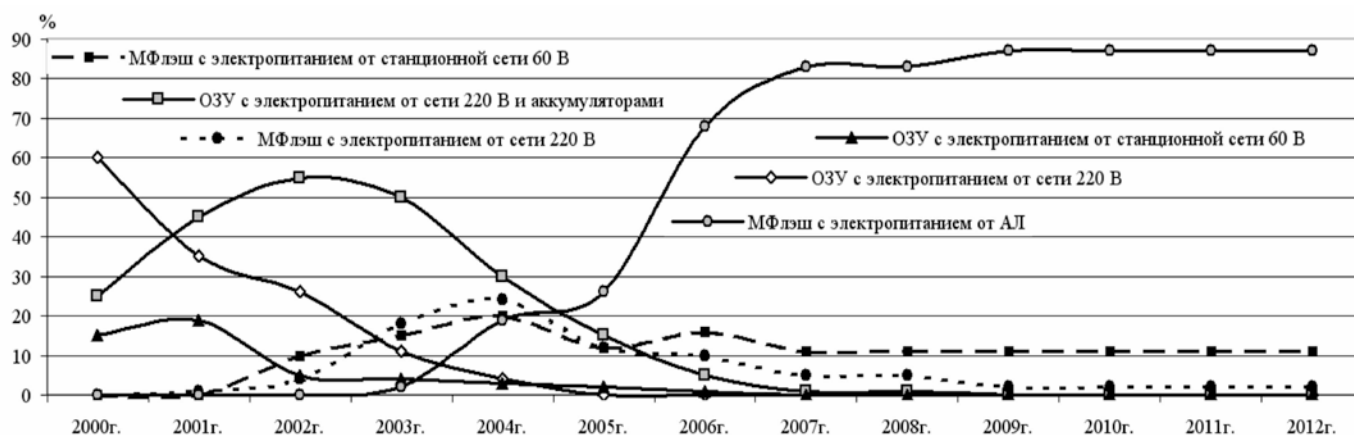


Рисунок 1.5. Процентный состав АИУ на Московской ГТС

Они универсальны с точки зрения применения, как в качестве оконечного устройства абонента, так и на АТС, и позволяют не только сохранять информацию при пропадании электропитания, но и осуществлять её передачу. Подробный аналитический обзор АИУ и накопителей речевой информации приведён в приложении 1 пункт П 1.3.

В рассмотренных устройствах разрядность кода не превышает четырех знаков. Наиболее распространенными являются устройства с разрядностью кода – 2 знака, перебор которых возможно осуществить за полторы минуты. В таблице 1.3 приведены характеристики рассмотренных аудиоинформаторов.

Таблица 1.3. Характеристики рассмотренных аудиоинформаторов

Параметр	<i>ICON AN301</i>	<i>ICON AN303</i>	<i>MusicBox M2</i>	<i>Adra 1000</i>	<i>Adra 2000</i>	Аудиоинформатор <i>MP3</i>
Количество линий	1	3	—	1	2	1
Максимальная длительность сообщений, (мин) / Объем памяти (МБ)	30 мин	30 мин	32 МБ	9 мин	9 мин	Определяется картой <i>CF</i>
Максимальное число сообщений	10	99	1	6	6	Не ограничено
Программирование с телефонного аппарата	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет
Программирование с помощью ПК	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть
Длина кода доступа для смены информации, мин	2 – 4	2 – 4	2 – 4	2 – 4	2 – 4	2 – 4
Электропитание	от АЛ	~ 9 В	36 – 72 В	~ 9 В	~ 9 В	10 – 30 В

1.3.3 Применение накопителей речевой информации в устройствах оповещения об изменении телефонной нумерации

В связи с тем, что разрабатываемое аудиоинформационное устройство должно обеспечивать возможность функционирования как у пользователя, так и на АТС, его электропитание реализовано от стационарного источника посредством абонентской линии. Поэтому использо-

вание кинематических и энергонезависимых носителей информации, в силу их чрезмерного энергопотребления, является нецелесообразным. На рисунке 1.6 представлена современная классификация микросхем памяти, принятая у нас в стране и за рубежом.

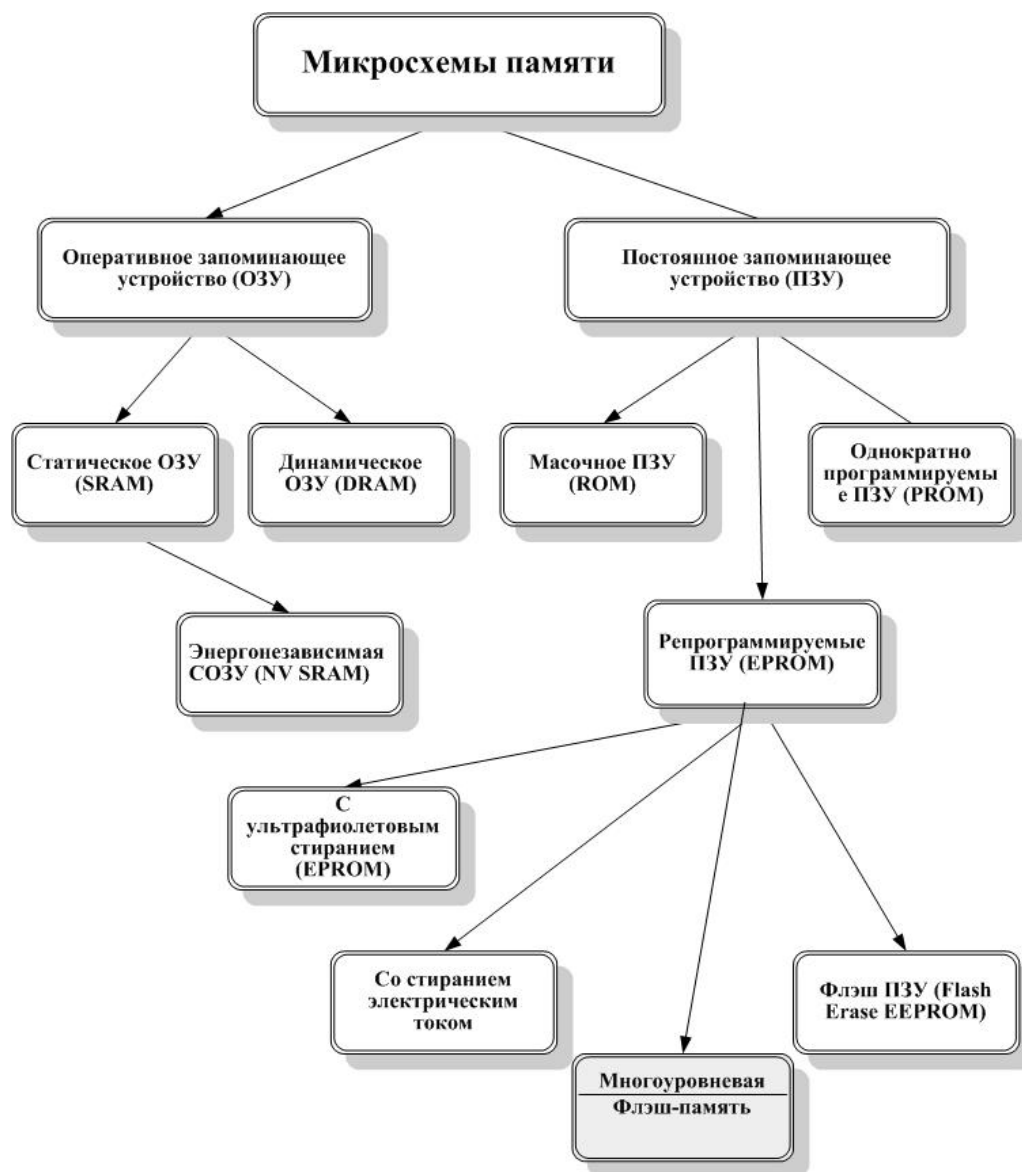


Рисунок 1.6. Классификация микросхем памяти

Flash-память – особый вид энергонезависимой перезаписываемой полупроводниковой памяти. Ячейка *flash*-памяти прекрасно масштабируется, что достигается не только благодаря успехам в миниатюризации размеров транзисторов, но и благодаря конструктивным находкам, позволяющим в одной ячейке *flash*-памяти хранить несколько бит информации [14].

Построение блока памяти на *flash*-памяти обладает следующими достоинствами:

- меньшие массогабаритные и энергетические параметры;
- отсутствие лентопротяжных механизмов и магнитных лент;
- при эксплуатации не требуется профилактического или текущего обслуживания;
- значительно увеличивается надежность и долговечность работы автоответчиков;
- не ухудшается качество звучания за весь срок эксплуатации.

Итак, благодаря низкому энергопотреблению, компактности, долговечности и относительно высокому быстродействию, *flash*-память идеально подходит для использования в качестве накопителя в таких портативных устройствах, как: цифровые фото- и видеокамеры, сотовые телефоны, компьютеры, *MP3*-плееры, цифровые диктофоны и т. п.

В существующих системах записи и воспроизведения речи сигналы записываются с постоянной частотой выборки, что приводит к постоянному времени обработки. Ограниченный набор функций интерфейса, только один входной и один выходной каналы, отсутствие обработки сигнала – таковы возможности этих приборов. В результате для создания интерфейса устройства требуются дополнительные внешние элементы, что в итоге приводит как к увеличению потребляемой мощности, так и к росту стоимости всего устройства. *ChipCorder* – функционально завершенные устройства для записи/воспроизведения звука (речи, музыки и т. д.) [15]. Характеристики многоуровневой *flash*-памяти даны в приложении 5. Функционально микросхема разделена на три части (рисунок 1.7).

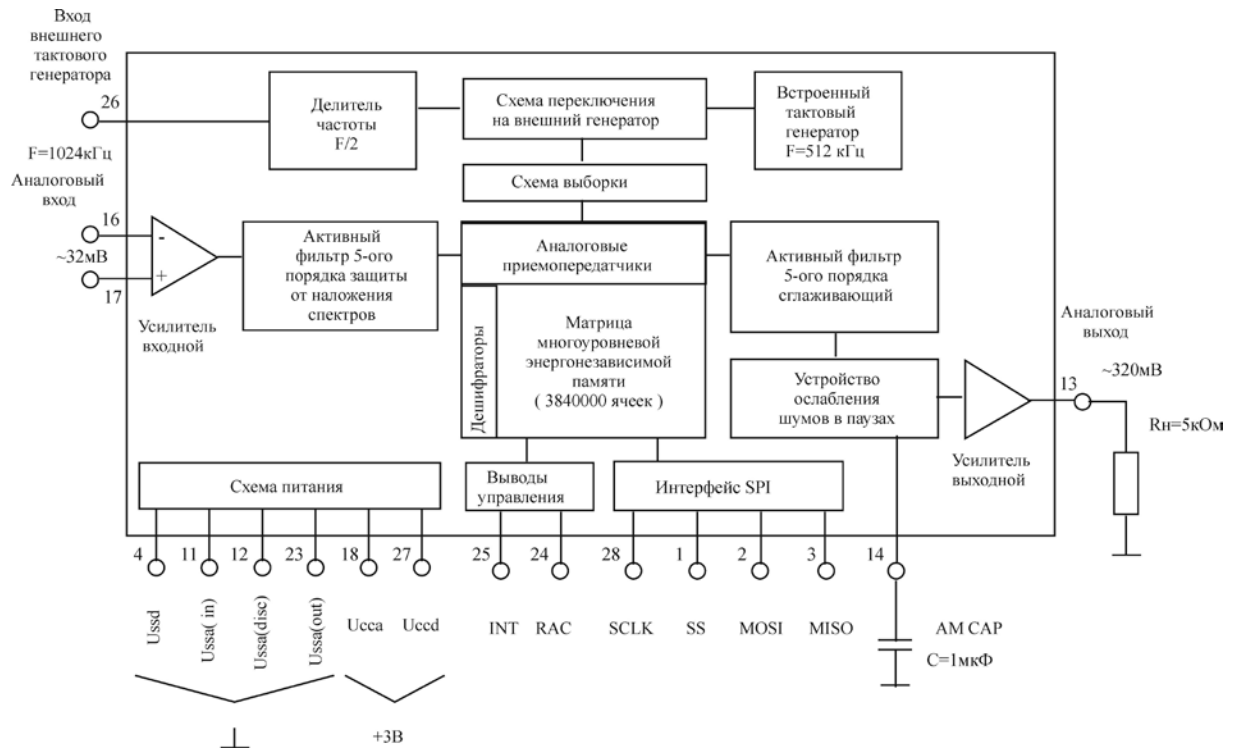


Рисунок 1.7. Структурная схема *ISD 4004-8 MS*

Верхняя секция состоит из схемы формирования высокого напряжения, необходимого для программирования *flash*-памяти, цифровой логики для интерфейса *SPI* (последовательный периферийный интерфейс), схемы управления и схемы задающего генератора. Средняя секция содержит матрицу памяти, драйверы столбцов и декодеры строк. В состав драйверов столбцов входят устройства выборки/хранения (**УВХ**) вместе с аналоговыми компараторами для реализации алгоритма хранения аналоговых сигналов в энергонезависимой памяти. В нижней части находятся аналоговые цепи и соответствующие схемы обработки аналоговых сигналов, а также схемы формирования опорных сигналов. Как сама система, так и все необходимые ее компоненты реализованы непосредственно на кристалле, включая элементы аналоговой обработки, энергонезависимую память, схемы формирования высокого напряжения и опорный генератор.

В состав аналоговой части входит также несколько блоков аналоговой обработки, которые подключаются с помощью программируемых мультиплексоров. Для получения высококачественного сигнала и снижения искажений и нелинейности на кристалле реализована полная обработка дифференциального сигнала, а также используется смещение затвора с накачкой. Режим дуплексного воспроизведения применяется для воспроизведения записанного сообщения для удаленного абонента во время переговоров пользователя с ним. Это достигается микшированием сигнала пользователя, поступающего с микрофона, с сообщением, считанным из матрицы памяти, и передачей этого сообщения удаленному абоненту. Сигнал от пользователя, пройдя микрофон, усилитель АРУ и входной мультиплексор, поступает на первый суммирующий усилитель. Выбранное из памяти сообщение, пройдя через фильтр и фильтр-мультиплексор, также подается на первый суммирующий усилитель, где происходит смешивание сигналов. Результирующий сигнал через выходной мультиплексор аналогового сигнала и выходной усилитель проходит на аналоговые выходы. На рисунке 1.8 приведены сигналы управления *ISD 4004-8 MS* и их временная диаграмма.

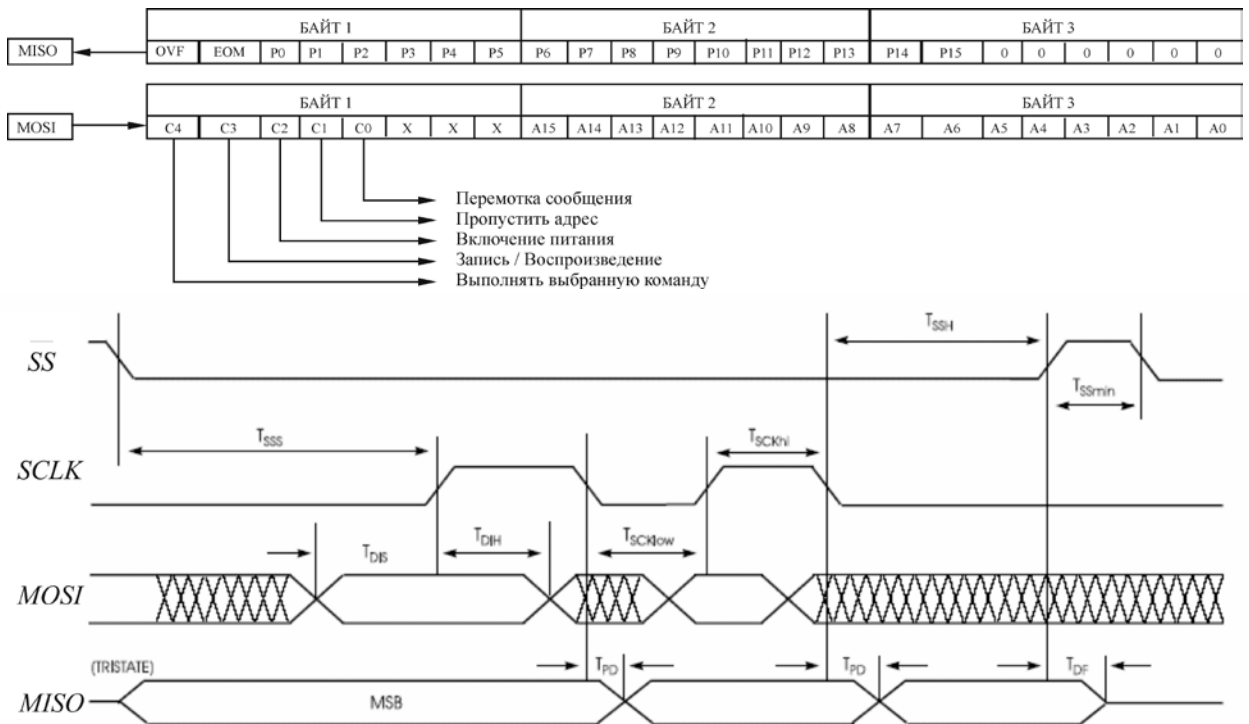


Рисунок 1.8. Сигналы управления *ISD 4004-8 MS* и их временная диаграмма

Второй тракт прохождения сигнала включает смешение аналогового сигнала от удаленного абонента с сообщением, хранящимся в памяти, и передачей микшированного сигнала пользователю. В этом случае сигнал удаленного пользователя поступает на вход, усиливается, во втором суммирующем усилителе микшируется с сообщением из памяти, проходит через схему регулировки громкости, выходной мультиплексор, УНЧ и поступает на динамик.

Режим симплексного воспроизведения аналогичен дуплексному режиму воспроизведения, за исключением того, что только пользователь может слышать записанное в памяти сообщение при разговоре с удаленным абонентом. Удаленный абонент этого сообщения не слышит. Режим симплексного воспроизведения используется в случае, когда пользователь хочет испра-

вить и воспроизвести для удаленного абонента только одно сообщение, в то время как он прослушивает остальные сообщения. Данный режим может применяться и в тех ситуациях, когда в разговоре с абонентом возникает пауза и пользователь может прослушать сообщения. Тракт сигнала пользователя: микрофонный вход, усилитель, мультиплексор аналогового выхода. Тракт прохождения сигнала удаленного абонента аналогичен тракту в сквозном режиме. Режим голосового пейджера применяется в тех случаях, когда в системе мобильной связи реализована функция голосового пейджера. Цифровая информация принимается пейджером, который с помощью цифро-аналогового преобразователя преобразует ее в аналоговый сигнал. Этот сигнал с входа *ANAIN* проходит через усилитель с переменным коэффициентом, фильтр, выходной мультиплексор и через УНЧ поступает на динамик. Встроенная система записи и воспроизведения дает возможность гибкого управления работой аналоговых трактов в устройствах дуплексной связи. Она разработана для формирования интерфейса между пользователем (микрофон и динамик) и блоками дальнейшей обработки сигналов (базовый блок или автомобильный адаптер). Управление обоими потоками сигналов (входящими и исходящими) позволяет выполнять такие функции, как дуплексная запись и воспроизведение, голосовая почта, запись в память и т. д. Гибкость конфигурирования входа-выхода позволяет рассматриваемой ИС работать с большим числом источников сигнала и систем обработки. Чтобы обеспечить работу системы с микроконтроллером, в ней используется интерфейс *SPI* с «интеллектуальным» набором команд (рисунок 1.8). Набор команд разработан таким образом, чтобы обеспечить быстрое выполнение часто используемых операций, таких как запись, воспроизведение или работа с сообщениями. Необходимо отметить, что конфигурация тракта аналогового сигнала выполняется пользователем через 32-разрядный регистр конфигурации, где устанавливаются параметры мультиплексора, частота выборки, а также отключение неиспользуемых блоков для снижения энергопотребления.

Надежность многоуровневой *flash*-памяти определяется не только требованиями к обычным КМОП-приборам и *flash*-памяти (хранение данных, длительность цикла, сбои при чтении/записи). В отличие от других типов энергонезависимой памяти, многоуровневая аналоговая память чувствительна к малым изменениям заряда. Изменение заряда (снижение или рост) может быть вызвано электрическими полями и током, возникающими при записи или чтении соответствующих элементов памяти, или утечками через оксидный изолятор. Система должна сохранять голосовое сообщение без искажений в течение 10 лет и обеспечивать 50 тысяч циклов записи без каких-либо сбоев. Чтобы обеспечить такую надежность, работа памяти была тщательно исследована. На рисунке 1.9 приведён алгоритм тестирования числа возможных перезаписей в многоуровневую *flash*-память.

Кроме того, была произведена точная оценка надежности диэлектриков. Оценка качества записи и воспроизведения звукового сигнала в многоуровневой *flash*-памяти производится по двум параметрам: коэффициенту нелинейных искажений (*THD*) и отношению полного сигнала к полному уровню помех (*SINAD*). Коэффициент нелинейных искажений (*THD – Total Harmonic Distortion*) представляет собой отношение мощности основного тона к мощности всех гармоник и обычно измеряется в процентах.

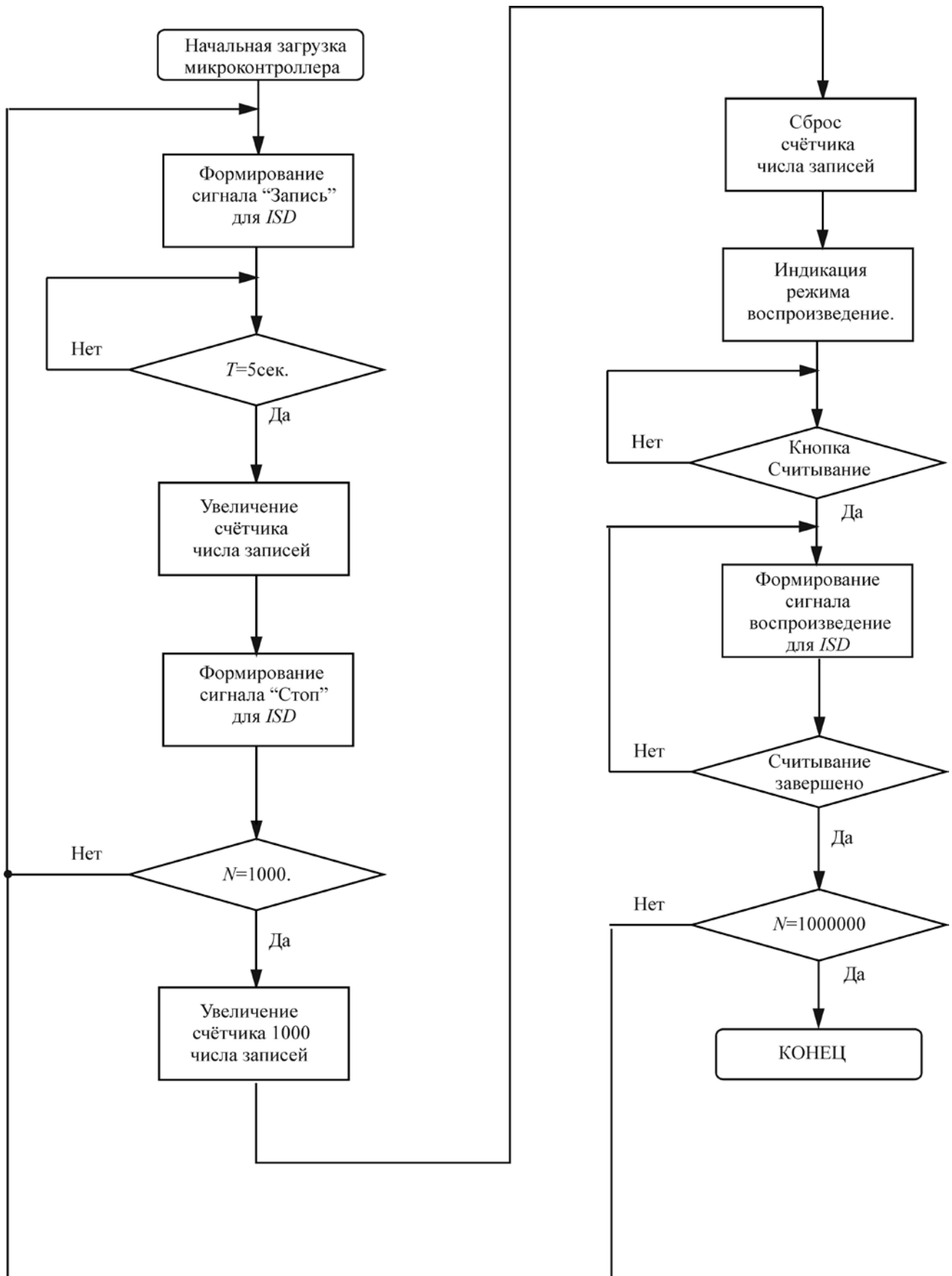


Рисунок 1.9. Алгоритм тестирования числа возможных перезаписей в многоуровневую *flash*-память

Требования *ISD* допускают, что коэффициент нелинейных искажений не должен превышать 2%.

Однако проведенные измерения при квалификационных тестах показали, что для рассматриваемой системы этот показатель не превышал 0,5%.

Параметр *SINAD* есть отношение суммы мощностей сигнала, шума и искажений к сумме мощностей шума и искажений и измеряется в децибелах. В соответствии с требованиями *ISD* чистота сигнала записанного сообщения должна быть не хуже 42 дБ. Качество аналогового сигнала при воспроизведении зависит от нескольких факторов: шумов аналогового тракта; характеристик схемы устройства выборки/хранения; точности программирования; сохранности записанного сигнала.

На низких частотах наблюдается составляющая $1/f$. В области высоких частот становится доминирующим белый шум, который затем подавляется с помощью фильтра. Основные характеристики микросхемы *ISD5008* представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Параметры ИС *ISD 5008*

Параметр	Значение
Температура	от минус 40 до 90 °С
Число эквивалентных разрядов	~ 8
Напряжение питания	3 В ± 10 %
Частота выборки	4; 5,3; 6; 8 кГц
Длительность записи	4 – 8 минут
<i>SINAD</i> (аналоговый тракт)	62,5 дБ (1кГц дБм 0)
Диапазон входного сигнала	3 – 300 мВ
Усилитель НЧ	24 мВт, 8 Ом
Число циклов записи	100 000
Длительность хранения сообщений	100 лет (типовое)
Ток потребления в режиме ожидания	менее 1мкА
Размер ИС	4,1 x 7,6 мм
Ток потребления	менее 30 мА
Технология	<i>Flash CMOS</i>
<i>SINAD</i>	42 дБ (размах 32 мВ, 1кГц)

Выброс на частоте 40 Гц и его гармоники являются результатом времени сканирования 25 мс. Качество системы хранения аналогового сигнала может характеризоваться измерением *SINAD*. Снижение параметра с ростом частоты вызвано наложением спектров. Уменьшение значения *SINAD* при больших амплитудах сигнала является результатом искажений. Эта система обладает полным программируемым интерфейсом, что позволяет конфигурировать аналоговый тракт для получения максимальной гибкости и упрощает системную интеграцию с любыми устройствами связи. В системах мобильной связи устройство обеспечивает двустороннюю запись разговора, фильтрацию вызовов, воспроизведение или запись сообщений во время разговора, а также реализует функции голосовой памяти и автоответчика [16].

1.4 Анализ основных методов оценки качества восприятия - *Quality of Experience* услуг связи при изменении телефонной нумерации

1.4.1 Анализ методов оценки разборчивости и качества передачи речи

Разборчивость и естественность речевых сообщений являются главными показателями качества телефонной связи. Поэтому в первую очередь возникает вопрос, как влияют на них такие факторы, как ограниченная полоса пропускания телефонного тракта, неравномерность его амплитудно-частотной характеристики, наличие внятных и невнятных переходных помех, шум в помещении, «местный эффект» в телефонных аппаратах [6, 7, 17, 18, 19, 20].

Качество передачи и приема телефонных сообщений определяется в основном качеством разговорного тракта (каналы проводной, радиорелейной и радиосвязи). Независимо от способа организации канала абоненты должны не только узнавать друг друга, выделять особенности голоса, дикции, но и разбирать передаваемый текст. Поскольку полностью восстановить все оттенки речи на приемном конце не представляется возможным, оценивать следует только относительно точное воспроизведение речи на приемном конце по громкости, интонации, тембру. Качество телефонной связи определяется величиной затухания тракта между разговаривающими абонентами, уровнем окружающего шума, а также особенностями речи и слуха абонентов. Как правило, качество связи оценивается с помощью такого понятия, как артикуляция (разборчивость) речи.

Подходы к определению артикуляции: статистический и вероятностный, подробно изложены в пункте П 1.4 приложения 1.

Ухудшение качества связи сказывается не только на увеличении объема передаваемых сообщений, но и на уменьшении скорости их передачи, причем величина последнего для отдельных субъектов различна. В то же время, эта зависимость подчиняется психофизиологическому закону Вебера – Фехнера: прирост ощущения пропорционален логарифму отношения раздражений. В данном случае раздражениями являются изменения разборчивости речи, а приростом ощущения – изменение скорости речи: $c_i - c_0 = k \lg I / I_0$, где c_i – скорость передачи i -го сообщения; c_0 – эталонная скорость передачи; k – коэффициент пропорциональности; I_0 – фразовая разборчивость, соответствующая эталонной ($I_0=1$). При определении k исходят из следующих соображений. Предельной величиной скорости передачи информации «снизу» является $c_i = 0$. В этом случае передача информации из-за низкого качества тракта невозможна, хотя $I \gg 0$. Обозначим фразовую разборчивость, при которой передача становится невозможной, через I_k . Тогда $k = -c_0 / \lg I_k$.

Если фразовая артикуляция будет меньше $I_k = 0,9$, то абоненты не смогут установить контакта между собой и разговор не состоится. $I_k = 0,9$ соответствует слоговой разборчивости $S_k \approx 0,25$, словесной разборчивости $W_k \approx 0,75$, разборчивости звуков $D_k \approx 0,64$, разборчивости формант $A_k \approx 0,12$. Принимая $I_k = 0,9$, получим $k = 21,8c_0$ и $c_i = c_0(1 + 21,8 \lg I)$.

На общее время передачи значительно большее влияние оказывает изменение скорости речи, а не увеличение передаваемого объема информации. Так, при $I \rightarrow 0,9$, $c_i \rightarrow 0$ и $T \rightarrow \infty$

выражение для времени передачи T_i ; с учетом полученных соотношений может быть представлено в виде:

$$T_i = \frac{V_i}{c_i} = \frac{V_0 \left(1 + \frac{1-I}{I}\right)}{c_0 (1 + 21,8 \lg I)} \approx \frac{V_0}{c_0} \cdot \frac{1}{I (1 + 21,8 \lg I)}. \quad (1.3)$$

Тогда $I_k = [I(1 + 21,8 \lg I)]^{-1}$.

Полученные формулы полностью характеризуют потери времени, связанные с недостаточным качеством тракта [3, 18].

В настоящее время в рекомендациях *ITU-T* имеются два метода технической оценки качества передачи, основанные на критериях громкости и разборчивости. Это методы намерения эквивалента затухания по громкости и эквивалента затухания по разборчивости. Однако оценка качества передачи, полученная этими методами путем искусственного и в достаточной мере условного измерения громкости и разборчивости, далеко не всегда соответствует оценке, которую дают обычные телефонные абоненты. Это обстоятельство объясняется, во-первых, тем, что как измерение громкости, так и измерение разборчивости производится специально подобранной и тренированной бригадой операторов, во-вторых, тем, что измерения производятся в условиях, существенно отличающихся от условий ведения нормального телефонного разговора, и, в-третьих, тем, что каждое измерение учитывает только один из показателей качества передачи, а именно громкость или разборчивость.

В то же время обычные телефонные абоненты, участвующие в оценке качества передачи предоставленных им телефонных систем, во-первых, не могут считаться специально подобранной и тренированной бригадой, во-вторых, оценивают качество передачи с точки зрения прохождения живого разговора и, в-третьих, учитывают все или, по крайней мере, большинство факторов, определяющих качество передачи. К этому можно добавить, что одним из основных требований, которое предъявляется к методам оценки качества передачи, является получение результатов, отображающих мнение абонентов, пользующихся телефоном в своей повседневной жизни. Выполнение данного требования во многом (если не целиком) зависит от надлежащего выбора критерия оценки качества передачи. Что касается метода измерений, то он может быть субъективным (с участием говорящего и слушающего) или объективным (с использованием приборов, заменяющих говорящего и слушающего).

Может показаться, что критерий разборчивости передаваемой по телефону речи является не только самым важным, но даже и единственным критерием, характеризующим качество телефонных систем. Однако разборчивость речи все же не всегда может считаться достаточной для оценки систем телефонной связи в свете современных требований. Для абонентов важно, чтобы телефонные переговоры проходили без излишней напряженности, которая, в первую очередь, наблюдается при относительно низком уровне громкости принимаемой речи. В этом случае абонентам приходится прилагать усилие, вызывающее неоправданное утомление.

При количественной оценке возбудителя на основе субъективных впечатлений нужно иметь в виду, что реакции организмов изменяются от одного момента времени к другому, ко-

лебясь относительно некоторой величины. Это обстоятельство делает необходимым применение статистических методов для получения достоверных выводов об интенсивности оцениваемого возбудителя. Так, в психофизике устанавливается, что связь между физическим источником ощущения – возбудителем S и соответствующим ему ощущением – реакцией R может быть установлена количественно, учитывая статистический характер связи.

Пусть имеем некоторую шкалу возбудителей S и соответствующую ей шкалу реакций R (рисунок 1.10) [6].

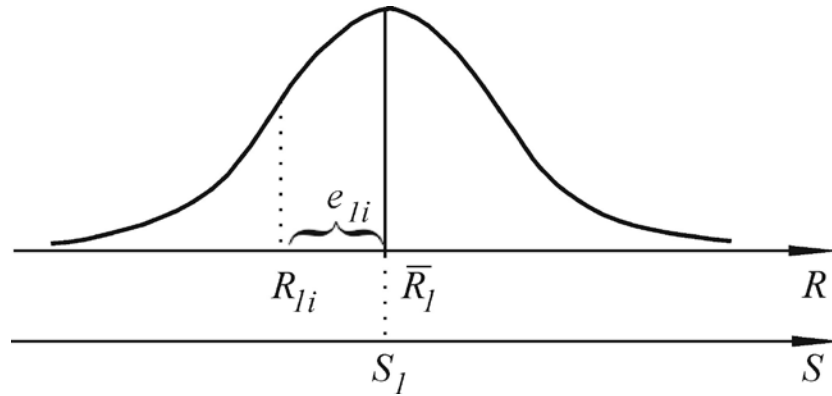


Рисунок 1.10. Связь между возбудителем и реакцией

Пусть далее на шкале S имеем некоторый возбудитель с интенсивностью S_1 , а на шкале R – соответствующее этому возбудителю наиболее вероятное значение реакции R_1 . Реакция R_{1i} на возбудитель S_1 из-за влияния ряда случайных факторов распределяется относительно наиболее вероятного значения, принимая для каждого случая воздействия значение

$$R_{1i} = R_1 + e_{1i}, \quad (1.4)$$

где e_{1i} – ошибка или отклонение реакции от «истинного» (наиболее вероятного) значения. Это отклонение может быть как положительным, так и отрицательным. Распределение отклонений подчиняется закону, близкому к нормальному. Использование опытных данных для установления соотношений между S и R осложняется тем, что наблюдатель, будучи не в состоянии численно выразить величину реакции, должен все же каким-то образом охарактеризовать ее, дать оценку словами либо действием.

Следовательно, в этом случае нужно ввести третью шкалу – оценок или мнений I . Использование любых субъективных оценок основывается на том предположении, что человек-наблюдатель является хорошим инструментом количественного наблюдения и что он до некоторой степени может быть точным и объективным. Предполагается, что оценки обладают некоторой точностью в отношении определенных свойств оцениваемого объекта. Тем не менее, поскольку приходится доверять количественным оценкам субъекта, необходимо всегда помнить о слабых сторонах его суждений, а также о существовании множества источников искажений в этих суждениях.

Для выражения оценки обычно используют либо заранее заданные категории оценки I_1, I_2, \dots, I_n в виде цифровых или других аналогичных шкал, либо производят сравнение с другой оценкой (больше – меньше, лучше – хуже и т. п.). Первый из этих методов получил название

метода «заданных категорий оценки», а второй – метода «парных сравнений». Существует целый ряд других методов, которые являются вариантами указанных методов.

Метод заданных категорий оценки или, как его еще называют, метод многобалльной оценки, нашел наибольшее применение из-за относительной простоты. Количество категорий, на которые разбивается шкала оценок, зависит от необходимой точности измерений и от ряда других специфических требований к данным конкретным измерениям. При этом существенное значение имеет вопрос о том, насколько четко наблюдатель может установить границы заданных категорий. Установлено, что необходимое число категорий с точки зрения надежности ответа равно 7 ± 2 . Однако это число зависит от степени тренированности наблюдателей и от ряда других факторов. На рисунке 1.11 [6] представлен случай пяти заданных категорий в применении к оценке единичного возбудителя с интенсивностью S_a .

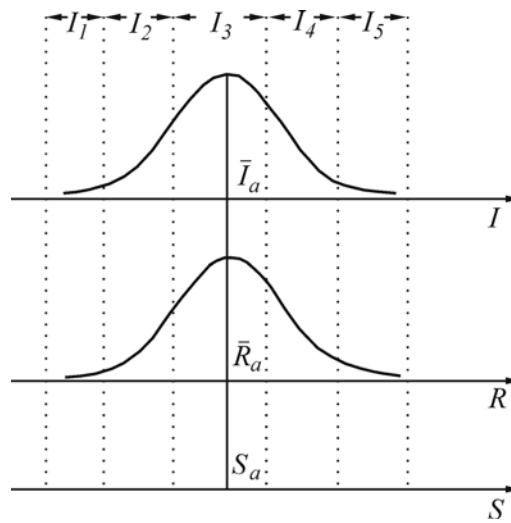


Рисунок 1.11. Связь между возбудителем, реакцией и оценкой

Как видно из рисунка, наивероятнейшее значение реакции на этот возбудитель имеет величину \bar{R}_a , а соответствующее значение оценки на шкале мнений \bar{I}_a попадает в область категории I_3 . Но поскольку оценка I_a распределяется относительно \bar{I}_a так же, как реакция R_a относительно \bar{R}_a , то можно говорить лишь о вероятности того, что оценивающий припишет возбудителю S_a категорию оценки I_3 .

Эта вероятность соответствует площади кривой распределения I_a , ограниченной областью категории I_3 . Аналогично категория I_4 приписывается возбудителю S_a с вероятностью, равной площади кривой распределения, но ограниченной областью категории I_4 , и т. д.

Таким образом, в результате многократной оценки данного возбудителя будет получен целый ряд различных категорий оценки. В этом случае результирующая оценка возбудителя S_a определяется как средняя из достаточно большого числа оценок. Методу заданных категорий оценки присущи следующие основные недостатки:

- разброс оценок, если категории определены недостаточно конкретно (например, «допустимо», «достаточно» и т. д.);
- уменьшение разброса показаний приводит к необходимости специальной тренировки

наблюдателей. Показания нетренированных наблюдателей имеют большой разброс, поэтому не имеет смысла устанавливать более 5 категорий оценки;

- повышенное требование к наблюдателям в отношении общего уровня развития;
- трудность установления границ категорий, что требует повышенного внимания;
- несоответствие оценок, данных в разных условиях;
- отсутствие возможности установления функциональной связи между реакцией и возбудителем, так как оценка производится не в величинах реакции.

Кроме того, оценки подвержены воздействию погрешностей. К числу погрешностей общего характера, так сказать, групповых можно отнести, например:

– погрешности «усреднения», когда наблюдатель избегает применения крайних оценок; в случае нескольких возбудителей оценки крайних приближаются к оценкам среднего по интенсивности возбудителя;

– погрешности «снисходительности», когда наблюдатель дает завышенные оценки – положительная «снисходительность» или заниженные оценки – отрицательная «снисходительность». Положительная «снисходительность» является, как правило, следствием привычности к данному возбудителю; отрицательная – есть следствие знания склонности к завышению оценок. Помимо перечисленных, могут быть погрешности чисто индивидуальные, свойственные только данному наблюдателю. Наконец, весьма важным является вопрос о крайних категориях многобалльной шкалы оценок. При создании многобалльных шкал стремятся применить такие крайние категории, которые, как это кажется на первый взгляд, не могут быть использованы оценивающими. Однако применение таких крайних категорий основывается на двух фактах.

Во-первых, некоторые наблюдатели действительно используют их. В ходе оценки серии возбудителей наблюдатель может столкнуться с такой категорией, которая будет явно более крайней, чем примененные им ранее категории. Тогда в случае отсутствия более крайней категории, он будет вынужден оценить этот возбудитель той же оценкой, что и другие, несмотря на то, что они заведомо не равны ему.

Во-вторых, такие крайние категории позволяют дать более точную оценку возбудителю. Как было отмечено выше, имеет место тенденция избегать применения крайних категорий и смещать все оценки к середине ряда. Это обстоятельство приводит к сокращению ряда оценок, т. е. к сужению шкалы. Следовательно, если исследователь желает получить эффективную шкалу, содержащую, например, 5 категорий оценки, он должен предусмотреть дополнительные более крайние категории. В противном случае исследователь получит шкалу, состоящую фактически менее, чем из 5 категорий.

Метод парных сравнений состоит в том, что наблюдателю предлагается путем сравнения двух возбудителей друг с другом высказать суждение (больше – меньше, лучше – хуже и т. п.). Величины реакций на соответствующие возбудители вычисляются путем статистической обработки числа высказанных суждений в пользу того или иного возбудителя. В отличие от метода «заданных категорий оценки», здесь значительно облегчается задача наблюдателей, так как от них требуется определить только различие в величинах реакций, не связывая это различие с категориями оценок. Достоинством метода следует считать также возможность установления

функциональной связи между возбудителем и реакцией, поскольку оценка выражается в величинах реакции. В качестве единицы измерения по шкале реакций часто используется разностный порог ощущения (*difference limen*), определяемый как различие в величинах двух возбудителей, которой действительно отмечается в 50% случаев из общего числа наблюдений. Предположим, что при сравнительной оценке двух возбудителей наблюдатели должны высказать суждение, отмечая, какой из возбудителей является более интенсивным, причем оценка «равная интенсивность» не допускается. Последнее обстоятельство вынуждает наблюдателя отдавать предпочтение тому или другому возбудителю даже в тех случаях, когда он на самом деле не замечает различия в их интенсивностях, т. е. делает его наугад – предположительно. Такие предположительные суждения, естественно, могут быть как правильными, так и неправильными в отношении объективной разности в интенсивностях возбудителей. Предположим далее, что имеются два возбудителя S_1 и S_2 , причем $S_1 > S_2$.

Пусть в результате достаточно большого числа опытов 75% суждений было высказано в пользу S_1 (правильные суждения), а 25% – в пользу S_2 (неправильные суждения). Эти 25% неправильных суждений появились в результате предположительного, а не действительного различия в интенсивностях сравниваемых возбудителей. Допуская нормальный закон распределения ошибок, можно утверждать, что среди 75% правильных суждений также имеется 25% суждений, которые являются следствием предположительного, а не действительного различия в интенсивностях возбудителей. Тогда из 75% правильных суждений только 50% классифицируются как результат действительно замечаемого различия, а остальные 50%, в число которых входят 25% правильных и 25% неправильных суждений, классифицируются как результат предположительного, а не действительного различия.

Таким образом, когда 75% суждений правильные, а 25% – неправильные, считают, что действительно замечаемое различие подтверждается только 50% суждений, а интенсивность сравниваемых возбудителей отличается при этом на величину разностного порога ощущения. Эта величина получила в психометрии название «*limen*» и широко применяется вместо таких нечетких терминов, как «едва заметная разница», «пороговое значение», «ощутимая разность» и др. Термин «*limen*» имеет ту ценность, что его значение может быть достаточно точно определено исходя из рассмотренного выше статистического метода. Разница в интенсивностях двух возбудителей, определяемая различием в чувственном восприятии, которое соответствует разности в 1 лимен, принимается за одну единицу субъективной шкалы измерений. Следует отметить, что нет общепринятого названия этой единицы. Одни авторы называют её «единицей измерения по психологической шкале», другие – «пороговой единицей» (*liminal unit*).

В общем случае при сравнительной оценке двух возбудителей S_1 и S_2 процент положительных суждений, или, что то же самое, статистическая вероятность решения (p) в пользу того или другого возбудителя, может иметь различные значения. Так, если $S_1 \gg S_2$, то вероятность решения в пользу S_1 будет стремиться к единице, а в пользу S_2 – к нулю; если же $S_1 = S_2$, то вероятность решения в пользу S_1 будет равна вероятности решения в пользу S_2 ($p = 0,5$). Выше рассматривался случай, когда статистическая вероятность решения в пользу S_1 равна 0,75, и было показано, что различие в интенсивностях возбудителей S_1 и S_2 по психологической шкале

в данном случае равно одной единице. Очевидно, что при $p > 0,75$ различие будет больше установленной единицы, а при $p < 0,75$ – меньше единицы. Так, можно показать, что при $p = 0,91$ действительно замечаемое различие подтверждается только 82% суждений и соответствует двум единицам, при $p = 0,63$ действительно замечаемое различие подтверждается только 26% суждений и соответствует приблизительно 0,5 единицы и т. д. [1].

1.4.2 Анализ методов оценки качества восприятия - *Quality of Experience* телефонных услуг связи

Методы оценки качества восприятия - *Quality of Experience* телефонных услуг связи подробно освещены во многих литературных источниках. Подробный обзор документов приведён в пункте П 1.5 приложения 1. Анализ документов группы №1 (таблица П 1.7), позволил определить законодательную базу при оценке качества услуг связи.

Оператор связи, оказывающий комплекс услуг телефонной связи, предоставляет бесплатно и круглосуточно следующие информационно-справочные услуги, в том числе:

- предоставление информации, связанной с оказанием универсальных услуг связи.
- выдача справки о: номере телефона абонента сети местной телефонной связи (гражданина и юридического лица); местном времени и его разнице с вызываемым населенным пунктом, расположенным на территории Российской Федерации или за ее пределами; междугородном коде населенного пункта, международном коде страны и зарубежного населенного пункта.

Эталонные значения показателей качества услуг связи должны быть выбраны из значений, определенных действующей на момент проведения оценки нормативно-правовой документацией. В качестве внутренних нормативов показателей качества услуг операторов связи в маркетинговых целях могут быть использованы более жесткие нормативы по сравнению с установленными нормативно-правовой документацией.

Анализ документов, содержащих общие требования, рекомендации и положения, а также показатели, термины и определения услуг связи группы №2 (таблица П 1.7), позволил выявить основные составляющие элементы при проведении оценки качества услуг связи: идентификация услуги; определение этапов оказания услуги; выделение потребительских свойств услуги; определение состава показателей качества услуги; определение состава эталонных (установленных) значений показателей качества услуги; выбор методов сбора данных; сбор данных; обработка данных и конечная оценка качества услуги.

Идентификация услуги должна заключаться в описании услуги в терминах, понятных потребителю и исполнителю услуги. При этом описание услуги должно включать в себя следующее: определение услуги; общую характеристику услуги, предоставляющую расширенное толкование определения и отражающую сущность практической реализации услуги и область ее возможного использования потребителем; описание возможностей услуги, оказываемой потребителю; описание особенностей технической реализации услуги; алгоритм оказания услуги потребителю, отражающий взаимосвязь процессов взаимодействия пользователя и оператора связи при оказании услуги; сроки оказания услуги.

Каждый из этапов оказания услуги должен отражать взаимодействие пользователя с оператором связи при получении услуги. Совокупность этапов должна быть представлена "Алгоритмом оказания услуги". Для каждого этапа оказания услуги необходимо выделить основные потребительские свойства, характеризующие ее объективные особенности, проявляющиеся при потреблении.

Основные потребительские свойства услуг связи: доступность услуги; надежность (готовность); бесперебойность; качество обслуживания пользователей (при общении с персоналом); качество передачи; качество услуги в целом.

Система показателей качества услуги должна отражать основные потребительские свойства конкретной услуги применительно к определенному этапу ее оказания. Показатели должны быть подлежащими измерению и определяемыми доступными способами сбора и обработки данных.

Анализ документов группы № 3, содержащих методы и методики оценки качества предоставления услуг связи (таблица П 1.7).

Порядок проведения оценки качества услуг связи, методы, выбираемые для сбора данных при проведении оценки качества услуг связи, должны обеспечивать полноту, достоверность и эффективность получения информации.

К основным методам сбора данных для оценки качества услуг связи, относятся методы: проведения контрольных вызовов; анализа статистических данных; анализа первичных документов; экспертных оценок; проведения опроса пользователей; проведения тестовых соединений; проведения испытаний с помощью программных средств; проведения испытаний с помощью контрольно-измерительной аппаратуры.

Сбор данных следует проводить в соответствии с разработанной программой, которая должна включать в себя представление видов выполняемых работ, условий, места и времени их проведения, используемых методов сбора данных, ответственных лиц.

Обработка данных должна выполняться с использованием математико-статистических методов и с доверительной оценкой результатов расчетов.

Конечная оценка качества услуг связи должна включать в себя две составляющие: оценку соответствия фактического значения показателей их эталонным значениям; оценку степени выполнения эталонных (установленных) значений показателей.

На основании анализа выбранных методик и методов, адаптируемых к оценке качества телефонных услуг связи (*QoE*), при развитии и/или при введении перспективных услуг связи и обзора литературных источников, показано отсутствие: методик, позволяющих интегрально оценить качество предоставляемых услуг на основе современных сетей связи; взаимосвязи между *QoE* и *QoS* и как следствие возникновение коллизий между операторами и абонентами.

Существующие методики трудоёмки в исполнении и по затратам времени.

Современные ГОСТы не содержат конкретных методик оценки качества предоставляемых услуг связи и предполагают общие рекомендации по созданию методик.

Обзор зарубежной и отечественной литературы показывает наличие противоречий между существующими документами, регламентирующими оценку качества предоставляемых услуг.

Не указано, что показатели качества услуг, предоставляемых бесплатно, должны быть не ниже, чем показатели качества основных услуг связи.

Особенности оказания услуг местной телефонной связи не учитывают то, что: не указаны минимальные сроки оповещения абонентов об изменении телефонного номера (при помощи автоинформаторов) в случае массовой замены абонентских номеров; не указана возможная причина замены телефонного номера абонента, производимая по инициативе оператора, и частота этой смены; отсутствует перечень непредвиденных или чрезвычайных обстоятельств, являющихся причиной необходимости замены телефонного номера абонента; не предусмотрено, в случае индивидуальной замены абонентских номеров, оповещение абонентов с использованием автоинформаторов (автоответчиков); не указаны сроки переключения абонентского номера на другую абонентскую линию в помещение, расположенное по другому адресу и находящееся во владении или пользовании этого абонента и сроки замены абонентского номера, производимые оператором связи, по инициативе абонента; не определены качественные показатели, предоставляемой абоненту и (или) пользователю информации, необходимой для заключения и исполнения договора через информационно-справочные службы.

Услуга телефонии при использовании *GPON* представляет разновидность интернет-телефонии (*IP-телефонии*, *VoIP*). Разница лишь в том, что услуга оказывается внутри собственной сети компании. Поэтому, в большинстве случаев качество связи (*QoS*) определяется четырьмя параметрами: полосой пропускания (*Bandwidth*), которая описывает номинальную пропускную способность среды передачи информации, определяет ширину канала. Измеряется в *bit/s (bps)*, *kbit/s (Kbps)*, *Mbit/s (Mbps)*, *Gbit/s (Gbps)*; задержкой при передаче пакета (*Delay*), измеряется в миллисекундах; колебанием (дрожанием) задержки при передаче пакетов — джиттер; потерей *IP*-пакетов (*Packetloss*). Определяет количество пакетов, потерянных в сети во время передачи.

Когда передача данных сталкивается с проблемой «бутылочного горлышка» для приёма и отправки пакетов на маршрутизаторах, то обычно используется метод *First In — First Out (FIFO)*: первый пришел — первый ушёл. При интенсивном трафике это создаёт заторы, которые разрешаются крайне простым образом: все пакеты, не вошедшие в буфер очереди *FIFO* (на вход или на выход), игнорируются маршрутизатором и, соответственно, теряются безвозвратно.

Более разумный метод — использовать «умную» очередь, в которой приоритет у пакетов зависит от типа сервиса — *Type of Service (ToS)*. Необходимое условие: пакеты должны уже нести метку типа сервиса для создания «умной» очереди. Например, весьма логично дать высокий приоритет пакетам *Voice over IP (VoIP)* и низкий — пакетам *FTP*, *SMTP* и клиентам файлообменной сети. Обычные пользователи чаще всего сталкиваются с термином *QoS* в домашних маршрутизаторах с поддержкой *QoS*. Для количественной оценки качества *VoIP*-переговоров введена шкала *MOS* — усредненная оценка разборчивости речи (*Mean Opinion Score*). *MOS* включает в себя показатель воспринимаемого качества звука по балльной шкале от 1 до 5.

Изначально *MOS* представлял собой среднее арифметическое всех оценок качества, данных людьми, которые прослушивали тестовый звонок и давали ему свою оценку. На сегодняшний день для оценки качества звукового потока человеческого участия не требуется. Современ-

ный инструментарий оценки качества *VoIP* включает в себя искусственные программные модели для расчета *MOS*.

Показатель *MOS* крайне субъективен, поэтому не стоит принимать решение по *VoIP*-системе, основываясь лишь на этом показателе. Следует оценить другие измеряемые параметры, такие как задержки в сети, потери пакетов, джиттер и т. д. В качестве альтернативы *MOS* был предложен менее субъективный критерий - *R-Factor*.

R-Factor является альтернативным способом оценки качества передачи речи. Балльная шкала от 0 до 120 в отличие от сокращенной шкалы *MOS* (1-5) позволяет получать более точную оценку показателя качества передачи речи. *R-Factor* рассчитывается с учетом ощущений пользователя и объективных факторов, влияющих на общее качество *VoIP*-системы [21].

В таблице П 1.6 приложения 1 отражено влияние *MOS* и *R-Factor* на воспринимаемое качество звука.

Выводы по главе 1

1. Уточненное понятие качества восприятия - *Quality of Experience (QoE)* телефонных услуг связи включает в себя показатели качества услуг и качества функционирования сети и является интегральной оценкой качества сетей связи.

2. Для оценки качества восприятия *QoE* телефонных услуг связи и определения порога возникновения дискомфорта у абонентов необходимо использовать следующие критерии:

- разборчивость, естественность звучания речи и взаимную узнаваемость абонентов при различных акустических условиях в местах приёма и передачи речевой информации;

- суммарное воздействие параметров каналов связи, способов записи и методов кодирования на информационный обмен; длительность оповещения и число цифр, изменяемых в телефонном номере;

- энергонезависимость и устойчивость устройств передачи информации.

3. В существующих методах оценки *QoS/QoE* не учитывается необходимость информирования абонента об изменении телефонного номера.

4. Для обеспечения заданного качества обслуживания при изменении нумерации сети необходимо учесть субъективную составляющую коэффициента эффективных попыток вызовов и сформулировать требования к введению новой услуги «информирования абонентов об изменении телефонной нумерации».

5. Отсутствует процедура для оценки вероятности охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации, гарантирующая качество восприятия услуг связи.

Таким образом, требуется развитие метода оценки и средств повышения качества услуг связи для процесса изменения телефонной нумерации, выполненное в следующих главах.

Глава 2

РАЗВИТИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ ТЕЛЕФОННЫХ УСЛУГ СВЯЗИ И СРЕДСТВ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ

2.1 Разработка процедуры оценки вероятности охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации

Для охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации необходимо разработать процедуру для оценки требуемого количества средств оповещения (АИУ). При изменении телефонной нумерации Московской ГТС требуемое количество АИУ было получено итерационным, практическим путём. Накопленный опыт, позволил определить основные факторы, оказывающее влияние на требуемое количество АИУ: топология, определяемая размером, модернизируемой телефонной сети; соотношение числа новых АТС к тем, которые необходимо модернизировать; интенсивность модернизации телефонной сети; степень отличия нового телефонного номера от привычного абоненту; последовательная или параллельная модернизация АТС телефонной сети; длительность информационного обеспечения абонентов об изменении нумерации. Подробный расчёт необходимого количества АИУ, представлен в пункте 4.6 главы 4, посвященной разработке программно-аппаратных решений.

Установка аудиоинформационных устройств (АИУ), осуществляется с интенсивностью, определяемой скоростью замены оборудования АТС. Отсутствие чёткого регламента, порождает несколько возможных вариантов, изменения телефонной нумерации и соответствующего оповещения об этом абонентов:

- по мере замены сотен номеров;
- после изменения тысячи абонентских номеров;
- при смене всей номерной ёмкости АТС.

При первом варианте, осуществляется установка АИУ после изменения каждой сотни, при втором – каждой тысячи телефонных номеров, а при третьем после реконструкции всей АТС. После установки последней сотни из тысячи, в случае 1^{ого} варианта, снимаются 9 АИУ обслуживающие 100 абонентов, и устанавливается 1 АИУ на 1000 абонентов. После чего изменяется нумерация у сотен второй тысячи и т. д., вплоть до полной модернизации АТС (10000 номеров). При втором варианте, установка АИУ осуществляется аналогичным образом, но только с периодичностью в 1000 номеров. В случае третьего варианта АИУ устанавливается при замене всей номерной ёмкости АТС.

На практике, например при развитии МГТС, используется АИУ с одним информационным выходом, обеспечивающим подключение до 10^{ти} усилителей-распределителей с возможность обслуживания каждым до 30 соединительных линий (СЛ). Т.е. одно АИУ с подключением усилителей-распределителей, способно обслужить от 1 до 300 абонентов одновременно и является универсальным, с точки зрения замены 100, 1000 и 10000 номеров.

Расчёт необходимого количества усилителей-распределителей, подключаемых к АИУ, не рассматривается в данной работе, что является одним из ограничительных условий и влияет только на интенсивность потока заявок на их установку. В тоже время, предложенный метод

применим для расчёта необходимого количества подключаемых к АИУ усилителей-распределителей, обеспечивающего абонентам должный уровень QoE .

В теории вероятностей потоком событий называется последовательность однородных событий, осуществляющихся в какие-то случайные моменты времени. Так как интенсивность заявок на установку АИУ непостоянна, меняется со временем, что очевидно из рисунка 2.1, то поток, соответствующий установке АИУ, является стационарным. Определим, что представляет собой поток событий, соответствующий установке АИУ на АТС (ГТС), при изменении телефонной нумерации.

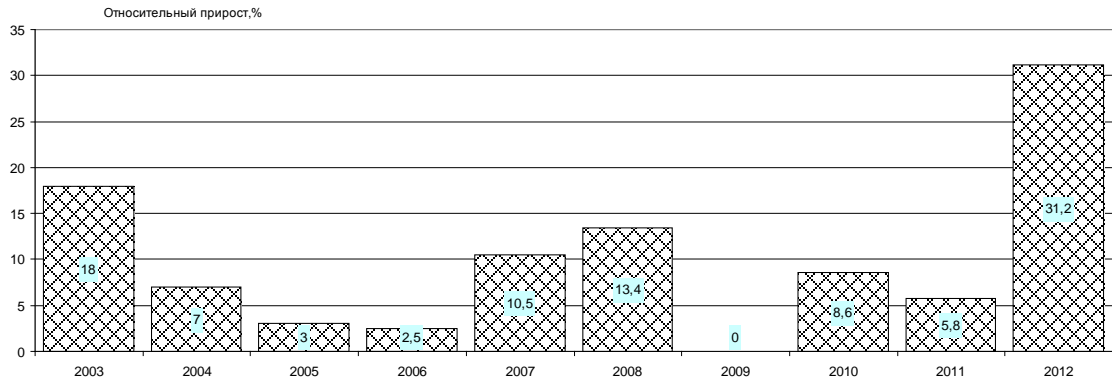


Рисунок 2.1. Темпы развития АТС Московской ГТС

Поток установки АИУ на ГТС (АТС) можно изобразить как последовательность моментов их появления $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots$ на оси времени $0t$ (рисунок 2.2а).

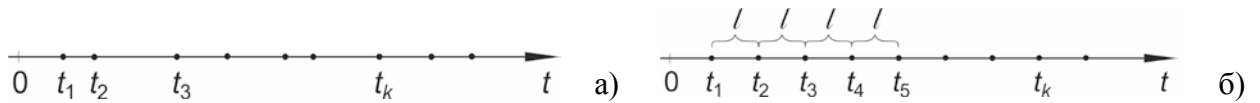


Рисунок 2.2. Нерегулярный (а) и регулярный (б) потоки событий, установки АИУ на ГТС (АТС)

Если точки, соответствующие установке АИУ на ГТС (АТС), $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots$ разделены строго одинаковыми l -интервалами (рисунок 2.2.б), то поток называется регулярным. Точками на оси абсцисс $0t$ (рисунок 2.3), отображены события, связанные с установкой АИУ на АТС (ГТС), появляющиеся в моменты t_1, t_2, \dots . Точки появляются на оси $0t$ последовательно друг за другом, т. е. совпадение в один и тот же момент времени двух или более событий практически невозможно. Следовательно, поток, связанный с установкой АИУ на АТС (ГТС), является ординарным.

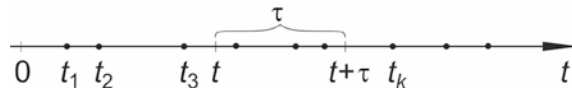


Рисунок 2.3. Поток событий без последействия

На оси $0t$, выделен отрезок, соответствующий установке АИУ на ГТС (АТС), длиной τ , начинающийся в точке t и заканчивающийся в точке $t + \tau$. Вероятность того, что на промежутке времени τ будет установлено то или иное количество АИУ, не зависит от того, как расположились на оси $0t$ другие АИУ, не попавшие на этот участок. Такой поток событий является потоком без последействия. Потоки событий без последействия возникают везде, где появле-

ние последовательных событий обусловлено различными не связанными друг с другом причинами. В теории вероятностей доказано, что если поток событий ординарный, не имеет последствия и является стационарным, то число событий, попадающих на заданный участок τ , распределяется по так называемому закону Пуассона. А именно, вероятность того, что на участок попадет ровно m точек, определяется формулой

$$\rho_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (2.1)$$

где a — среднее число точек, попадающих на участок τ .

В связи с этим ординарный поток событий без последствия называется коротко пуассоновским потоком. Рассмотрим на оси $0t$ пуассоновский поток событий. Обозначим λ среднее число событий, приходящееся на единицу времени, и назовем эту величину плотностью потока событий. Например, плотностью потока установки АИУ на АТС будет среднее число АИУ, устанавливаемых на телефонную станцию в единицу времени (день, неделю, месяц). Плотность потока событий может быть как постоянной, так и переменной, зависящей от времени. Самый простой случай, когда плотность потока постоянна $\lambda = const$. Такой поток событий называется стационарным пуассоновским, или простейшим потоком [22]. Очевидно, для простейшего потока среднее число событий, приходящееся на участок τ , пропорционально его длине $a = \lambda\tau$ и не зависит от того, где именно на оси $0t$ выбран участок.

В случае, когда плотность потока зависит от времени, т. е. задана некоторой функцией $\lambda(t)$, среднее число событий, приходящееся на участок τ , выразится интегралом

$$a = \int_t^{t+\tau} \lambda(t) dt. \quad (2.2)$$

2.2 Совершенствование параметров и характеристик разрабатываемого аудиоинформационного устройства для повышения оценки качества восприятия - *Quality of Experience* телефонных услуг связи

2.2.1 Повышение устойчивости установления телефонного соединения

Изменение телефонной нумерации (ТН) снижает качество восприятия телефонных услуг связи [23] за счёт уменьшения надёжности установления телефонного соединения (УТС). Известны 5 субъективных критериев, по которым абоненты судят о качестве услуг телефонной связи [24]:

- надёжность (вероятность того, что услуга по предоставлению связи будет выполнять свою функцию в течение определённого периода при определённых условиях);
- отзывчивость (стремление или готовность своевременно предоставить услугу);
- безопасность (наличие требуемых навыков и знаний, чтобы выполнить услугу, способность операторов связи внушать уверенность);
- взаимопонимание с абонентом (персонализированное внимание, оказываемое абоненту с целью понимания его потребностей);

– очевидность (физические аспекты услуги: средства обслуживания, инструменты или оборудование, используемые для предоставления услуги связи).

При опросе более 2000 человек [25] оценивалось соотношение этих субъективных критериев: надёжность – 34%, отзывчивость – 19%, безопасность – 20%, взаимопонимание с абонентом – 16% и очевидность – 11% (рисунок 2.4). Самым серьезным критерием качества для пользователей услугами связи является её надёжность. В дополнение к традиционному понятию надёжности [25], зависящей от вероятности безотказной работы (**ВБР**) каждого элемента системы, в данном случае начинают влиять субъективные факторы общения.

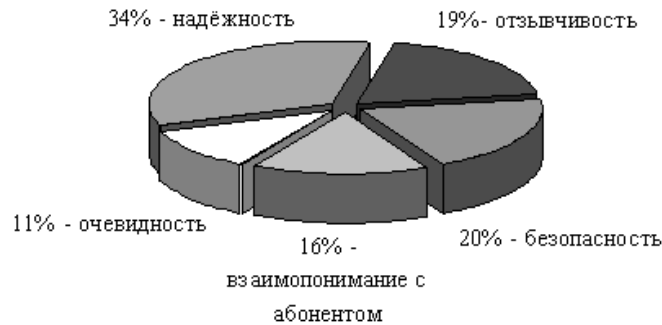


Рисунок 2.4. Данные опроса по выявлению критериев при оценке качества

Причиной изменения надёжности телефонного общения после изменения ТН служит необходимость запоминать абонентам новые номера большей разрядности и привыкать по-новому набирать привычные номера. Это приводит к её снижению за счёт появления субъективных факторов – неправильного набора номера, ограниченной оперативной памяти человека и т. д. Учитывая вышесказанное, надёжностью в данном случае следует считать вероятность правильного установления телефонного соединения после изменения ТН.

На рисунке 2.5-а изображено установление связи в типовых условиях [26] (без изменения ТН), при котором вызывающий абонент Аб₁ производит набор номера вызываемого абонента Аб₂. В этом случае станция вызывающего абонента – АТС₁ автоматически соединяется со станцией вызываемого абонента – АТС₂, после чего АТС₂ производит соединение с номером абонента Аб₂. Установление связи при изменённом номере изображено на рисунке 2.5-б и происходит в два этапа. Вначале вызывающий абонент Аб₁ при вызове по старому номеру вызываемого абонента Аб₂ посредством АТС₁ и АТС₂ попадает на АИУ, оповещающее абонента Аб₁ об изменении номера.

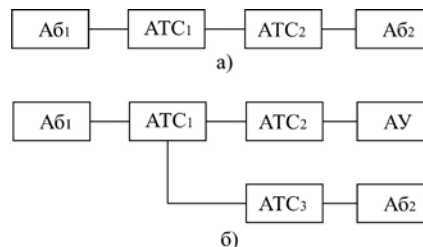


Рисунок 2.5. Варианты установления телефонного соединения

После чего абонент Аб₁ набирает новый номер и происходит соединение между АТС₁ и АТС₃, что позволяет установить связь с абонентом Аб₂. Если же вызывающий абонент уже был оповещён об изменении, то установление связи происходит в один этап, аналогично схеме на

рисунке 2.5-а ($Аб_1 \rightarrow АТС_1 \rightarrow АТС_3 \rightarrow Аб_2$). Как видно из рисунка 2.5-б, установление связи возможно либо при наличии у вызывающего абонента сведений об изменении, либо при качественной работе АИУ. Качество восприятия телефонных услуг связи – субъективное восприятие абонентом изменения условий общения на расстоянии по сравнению с непосредственным общением. Для получения численной оценки снижения качества восприятия телефонных услуг связи необходимо рассчитать надёжность установления телефонного соединения до и после изменения ТН [27]. Также рассчитывается надёжность после установки на АТС АИУ для оценки эффективности от его применения, позволяющая снизить дискомфорт.

Для определения вероятности установления соединения между абонентами с учётом влияния различных факторов рассмотрим расчёт надёжности УТС:

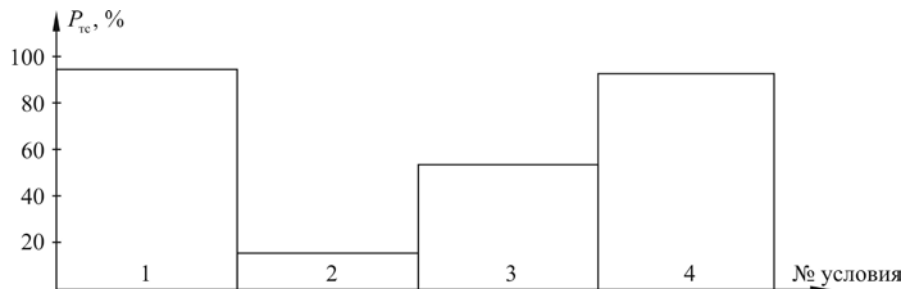
$$P_{mc} = P_{аб} P_{об}, \quad (2.3)$$

где: P_* – вероятность: P_{mc} – УТС; $P_{аб}$ – наличия вызываемого абонента; $P_{об}$ – ВБР пользовательского (оконечного) и станционного оборудования. Из формулы 2.3 видно, что в типовых условиях надёжность УТС зависит только от двух величин, имеющих высокие значения вероятности. Значение надёжности отображено первым столбцом диаграммы на рисунке 2.6, при этом дисперсия составляет 2% [25].

После изменения ТН надёжность телефонного соединения уменьшается и зависит не только от вероятностей, входящих в формулу 2.3, но также и от вероятности наличия сведений об изменившемся номере из различных источников (Интернет, пресса, радио и телевидение, знакомые и т. д.). В таких условиях расчёт надёжности производится по следующей формуле:

$$P_{mc\ mod} = P_{аб} P_{об} P_{свед}, \quad (2.4)$$

где: P_* – вероятность: $P_{mc\ mod}$ – УТС после изменения ТН; $P_{аб}$ – наличия вызываемого абонента; $P_{об}$ – ВБР пользовательского (оконечного) и станционного оборудования; $P_{свед}$ – наличия сведений об изменении.



- 1 – при эксплуатации; 3 – после изменения ТН при использовании типовых АИУ;
 2 – после изменения ТН; 4 – после изменения ТН при использовании АИУ с электропитанием посредством абонентских линий.

Рисунок 2.6. Надёжность установления телефонного соединения при различных условиях

Сведения об изменении ТН, доставляемые различными информационными источниками, не являются своевременными, поскольку поступают абоненту до фактического осуществления им телефонного вызова. Они не являются актуальными на данный момент времени и поэтому обычно не запоминаются. Соответственно данная вероятность приводит к существенному снижению надёжности УТС на период адаптации абонентов к измененной ТН. Таким образом, на-

дѣжность УТС после изменения ТН резко падает по сравнению с типовыми условиями эксплуатации АТС [28, 29, 30] с 95% до 15%, что иллюстрирует второй столбец диаграммы на рисунке 2.6. Повысить надёжность УТС после изменения ТН возможно, установив на АТС специальное оборудование – АИУ, предназначенное для оповещения абонентов об изменении нумерации в момент осуществления вызова по старому номеру [25].

Одним из важных параметров АИУ является надёжность его функционирования, основной составляющей которой является его энергоснабжение. Надѣжность АИУ определяется источником его энергоснабжения, которым может быть как сеть переменного тока (220 В) – типовые АИУ, так и постоянного (60 В) – АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. Последние не затрачивают энергию на хранение информации, что подробно рассмотрено в [31]. Для получения численной оценки надёжностей УТС от применения АИУ с электропитанием посредством абонентских линий и типовых АИУ необходимо выразить и рассчитать значения вероятностей достоверного получения абонентами информации об изменении телефонной нумерации. Надѣжность УТС с применением типовых АИУ будет зависеть от следующих составляющих:

$$P_{mc\ 220B} = P_{mc} P_{ном} P_{АИУ\ 220\ В}, \quad (2.5)$$

где: P_{mc} – вероятность УТС в типовых условиях; P_* – вероятности (с применением на АТС типовых АИУ): $P_{mc\ 220B}$ – УТС; $P_{ном}$ – правильного набора номера; $P_{АИУ\ 220\ В}$ – ВБР АИУ.

При использовании на АТС АИУ с электропитанием посредством абонентских линий надёжность телефонного соединения записывается следующим образом:

$$P_{mc\ ЭПИ} = P_{mc} P_{ном} P_{АИУ\ с\ ЭПИ}, \quad (2.6)$$

где: P_{mc} – вероятность УТС в типовых условиях; P_* – вероятности (с применением на АТС АИУ с электропитанием посредством абонентских линий): $P_{mc\ ЭПИ}$ – УТС; $P_{ном}$ – правильного набора номера; $P_{АИУ\ с\ ЭПИ}$ – ВБР АИУ с электропитанием посредством абонентских линий.

При расчёте надёжностей по формулам 2.5 и 2.6 вероятность УТС в типовых условиях известна и составляет 95%, существенное влияние и, соответственно, различные результаты оказывают вероятности правильного набора номера и ВБР АИУ. На вероятность правильного набора номера влияют:

- увеличение количества цифр телефонных номеров с 7 до 10;
- качество переданной информации об изменении нумерации, которая передаётся абоненту при осуществлении вызова по старому номеру (насколько разборчиво эта информация дойдёт и будет верно распознана абонентом). Так как разборчивость передаваемой информации входит в понятие ВБР АИУ, то при разных типах АИУ она будет отличаться.

Количество цифр, запоминаемых человеком в оперативной памяти при первичном представлении, ограничено [32]. В связи с этим, вероятность правильного набора номера в зависимости от увеличения количества цифр возможно записать в следующем виде:

$$P_{ном} = CP_7, \quad (2.7)$$

где $P_{ном}$ – вероятность правильного набора номера; C – коэффициент пропорциональности, определяющий ожидаемое снижение вероятности правильного набора номера за счёт ошибок абонента; P_7 – вероятность правильного набора номера в типовых условиях. Предположительно вероятность ошибок возрастёт пропорционально увеличению количества цифр набираемого номера, т. е. минимальное значение коэффициента пропорциональности будет следующим – $C = 7/11$, однако это предположение потребовало проведения дополнительных исследований, выполненных в разделе 2.6.4.

Вторая составляющая, влияющая как на вероятность правильного набора номера, так и на ВБР АИУ, – качество передаваемой информации. В связи с этим надёжность АИУ рассматривается с позиции достоверного приёма информации абонентом. Вероятность безотказной работы типового АИУ возможно определить исходя из следующей формулы:

$$P_{АИУ\ 220\ В} = P_{анн} P_{прогр} P_{разб} P_{220\ В}, \quad (2.8)$$

где: P_* – вероятность: $P_{АИУ\ 220\ В}$ – ВБР типового АИУ; $P_{анн}$ – функционирования аппаратной составляющей АИУ; $P_{прогр}$ – функционирования программной составляющей АИУ; $P_{220\ В}$ – энергообеспечения; $P_{разб}$ – правильной передачи речевого сигнала (разборчивость).

Вероятность безотказной работы АИУ с электропитанием посредством абонентских линий можно записать следующим образом:

$$P_{АИУ\ с\ ЭПИ} = P_{анн} P_{прогр} P_{энергооб} P_{разборч}, \quad (2.9)$$

где: P_* – вероятность: $P_{АИУ\ с\ ЭПИ}$ – ВБР АИУ с электропитанием посредством абонентских линий; $P_{анн}$ – функционирования аппаратной составляющей АИУ; $P_{прогр}$ – функционирования программной составляющей АИУ; $P_{энергооб}$ – энергообеспечения; $P_{разборч}$ – правильной передачи речевого сигнала (разборчивость).

С точки зрения аппаратной составляющей, АИУ с электропитанием посредством абонентских линий и типовой АИУ отличаются способом энергоснабжения. Устройства с питанием от АТС (60 В) имеют ряд преимуществ перед своими аналогами, так как они становятся независимыми от напряжения в сети, т. е. при сбоях в подаче электроэнергии в жилые и производственные объекты АИУ с электропитанием посредством абонентских линий сохранит свою работоспособность. Таким образом, суммарное значение вероятности функционирования аппаратной составляющей и вероятности энергообеспечения АИУ с электропитанием посредством абонентских линий выше на 50%, чем у типовых АИУ.

Разборчивость передаваемого сигнала зависит от физических параметров тракта телефонной связи, которые имеют высокую надёжность. Также разборчивость зависит от технических параметров АИУ, устанавливаемых на АТС. Типовым АИУ свойственны шумы сети 220 В, нелинейные искажения, шумы квантования. За счёт использования энергоснабжения АИУ с электропитанием посредством абонентских линий эти шумы устраняются, и слоговая разборчивость передаваемого речевого сигнала повышается. При вышечисленных преимуществах АИУ с электропитанием посредством абонентских линий свойственны линейные искажения за

счёт гальванической связи с АЛ. Однако они существенно не влияют на разборчивость передаваемого речевого сигнала.

Рассчитанная по формуле 2.5 надёжность установления телефонного соединения с применением типовых АИУ с учётом формул 2.8 и 2.9 и составляет 55%, т. е. применение на АТС типовых АИУ позволяет повысить надёжность УТС после изменения ТН на 40%. Третий столбец диаграммы на рисунке 2.6 иллюстрирует данное значение. Значение надёжности УТС, составляет 90%. Это позволяет сделать вывод о том, что применение на АТС АИУ с электропитанием посредством абонентских линий даёт лучшие показатели (на 35% надёжность выше), чем у типовых АИУ, так как не зависит от напряжения питания в сети 220 В и в случае его пропадания остаются полностью функционирующими. Замена традиционных АИУ на АИУ с электропитанием посредством абонентских линий повышает в 2 раза надёжность передачи информации и позволяет снизить энергопотребление на 40% [34].

2.2.2 Предпосылки к определению вероятности работоспособности случайно выбранного аудиоинформационного устройства на произвольной абонентской линии

Спецификой АИУ с электропитанием посредством абонентских линий является их электропитание от абонентской линии (АЛ). Поскольку мощность, отдаваемая АЛ, лимитирована, отклонение энергопотребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий в сторону увеличения имеет существенное значение, так как приводит к сокращению числа АЛ, на которых возможно их функционирование. В связи с этим представляется целесообразным выявить соответствие закону распределения мощности энергопотребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий [34]. На основании результатов исследований, приведённых в [35], получено интегральное распределение плотности вероятности токов, обеспечиваемых абонентскими линиями (АЛ), необходимых для осуществления электропитания аудиоинформационных устройств с электропитанием посредством абонентских линий.

Для определения вероятности функционирования наугад выбранного АИУ на произвольно взятой АЛ необходимо найти произведение их функций распределения вероятностей токов обеспечения и потребления

$$P_{\text{функ.}} = F_{\text{обесп.}}(i) \cdot F_{\text{пот.}}(i), \quad (2.10)$$

где $P_{\text{функ.}}$ – вероятность того, что произвольно выбранное (без измерения параметров) АИУ будет функционировать на произвольно выбранной АЛ, $F_{\text{обесп.}}(i)$ – функция распределения вероятности токов, обеспечиваемых посредством АЛ, $F_{\text{пот.}}(i)$ – функция распределения вероятности токов потребления АИУ. Определены предпосылки к расчёту вероятности функционирования наугад выбранного АИУ на произвольной АЛ, который требует экспериментальных исследований и выполнен в четвёртой главе диссертации.

2.2.3 Оценка влияния многоуровневой *flash*-памяти, в том числе с наличием консервативных ячеек, на электроакустические параметры

Алгоритм оценки электроакустических параметров многоуровневой *flash*-памяти, используемой в аудиоинформационных устройствах, представлен на рисунке 2.7.

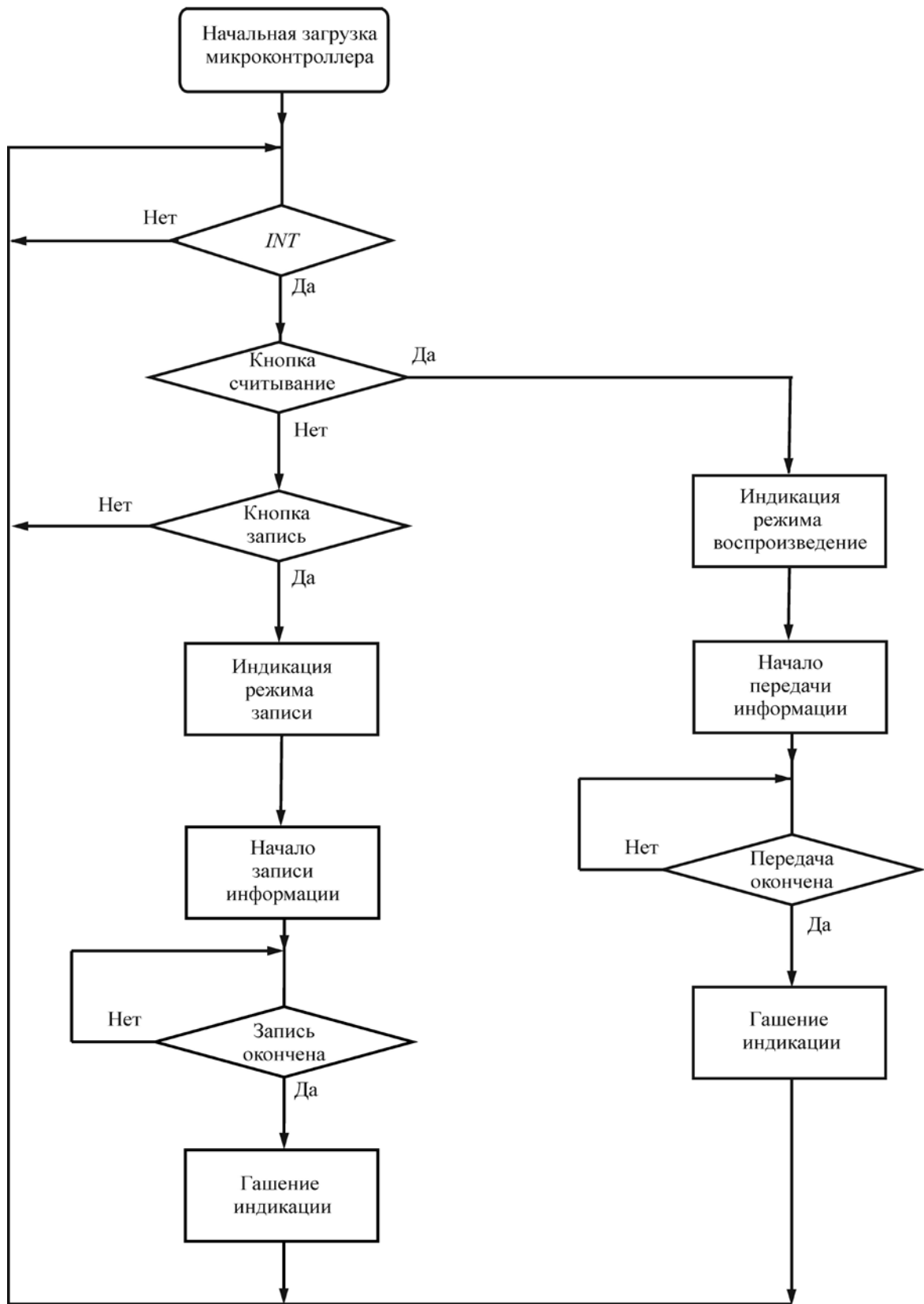


Рисунок 2.7. Алгоритм управления *flash*-памятью для измерения параметров и характеристик

Схема управления многоуровневой *flash*-памятью обеспечивает запись речевого сигнала без квантования. Данный алгоритм позволил оценить электроакустические параметры многоуровневой *flash*-памяти, являющейся основой разработанных АИУ. Речевые накопители (РН) находят широкое применение в средствах телекоммуникационной техники и в изделиях потребительского назначения. Они используются в телефонных автоответчиках, речевых автоинформаторах и оповещателях, портативных системах *GPS*, мобильных терминалах *GSM*, приборах сигнализации, голосовых записных книжках и т. д. В пункте П 2.3 приложения 2 приведены структурные схемы речевых накопителей и принципиальная электрическая схема измерительного стенда с микропроцессорным управлением функционированием СБИС *СнК ChipCorder* представлена на рисунке П 2.9. С учётом особенностей управления режимами работы *ISD4004-8M* (последовательный *SPI* интерфейс управления разработано программное обеспечение для функционирования измерительного стенда с алгоритмом [36], представленным на рисунке 2.7.

Измерение входной характеристики (рисунок 2.9 б) производилось на частоте 400Гц. Она сохраняет линейность при увеличении входного напряжения до 20мВ. В дальнейшем выходной уровень клипируется.

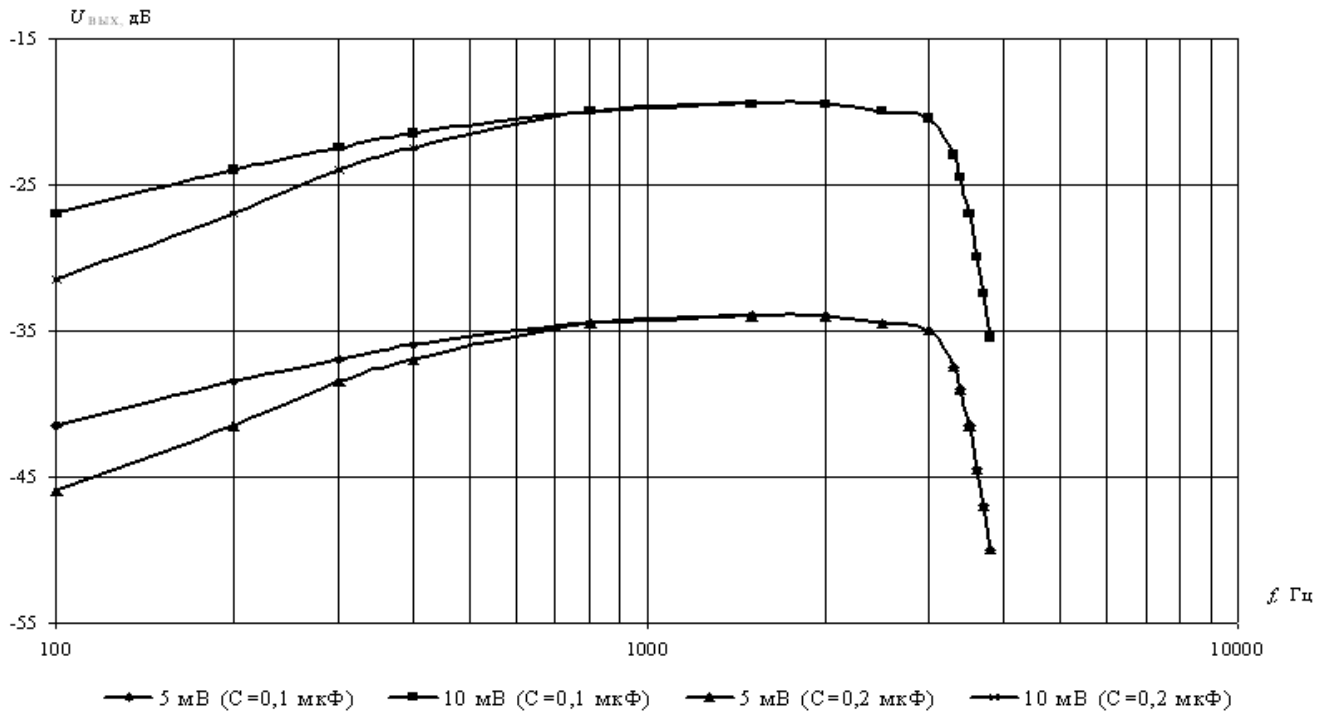
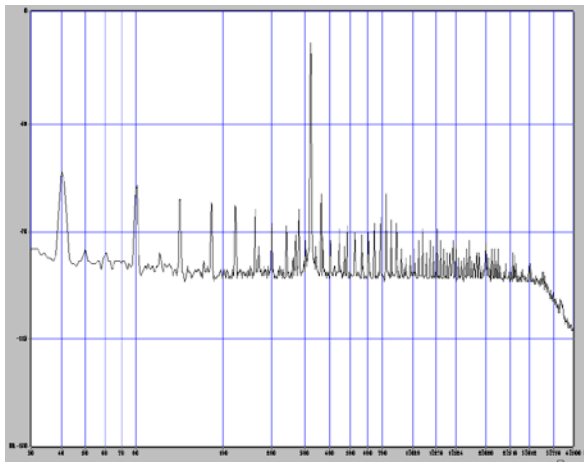


Рисунок 2.8. АЧХ *ChipCorder* при уровнях входного сигнала 10 и 5 мВ

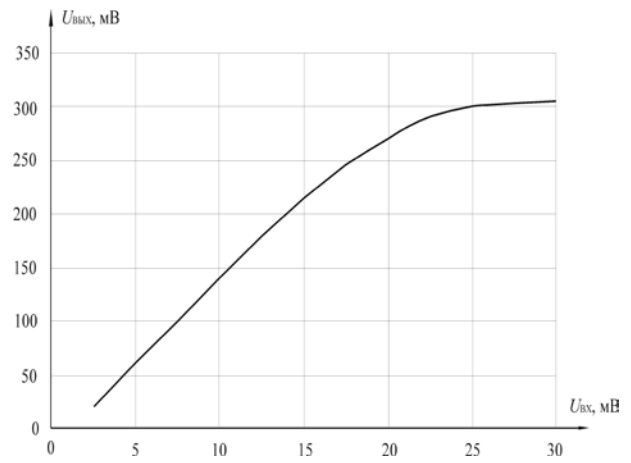
Оценка нелинейных искажений производилась путём измерения коэффициента гармоник на частоте 400 Гц, чтобы зафиксировать максимальное число гармонических составляющих в рабочей полосе частот. Спектр сигнала на выходе *ChipCorder* при воспроизведении записанного в него сигнала частотой 400 Гц и уровнем 15 мВ приведён на рисунке 2.9а. Результаты измерений АЧХ *ChipCorder*, подключённой к источнику сигнала по типовой схеме фирмы-изготовителя, рисунок П 2.9 приложения 2, приведены на рисунке 2.8. В таблице 2.1 приведены основные параметры накопителей *ChipCorder*.

Таблица 2.1. Основные параметры накопителей *ChipCorder*

Параметр	Значение
Рабочий диапазон частот, Гц	300 – 3400
Неравномерность АЧХ относительно 1000 Гц, дБ	3
Коэффициент гармоник на частоте 400 Гц, %	0,3
Отношение сигнал/шум, дБ	42



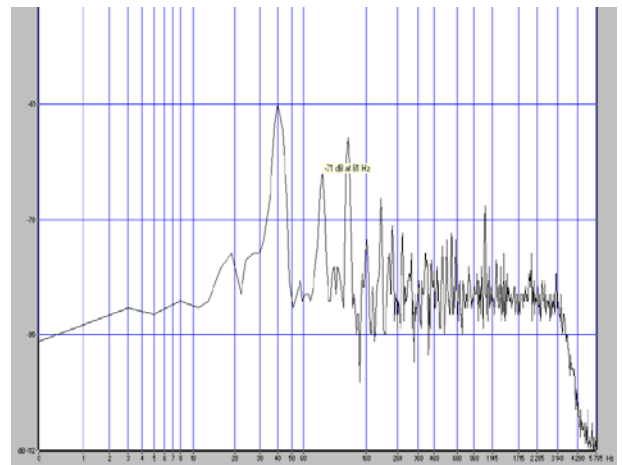
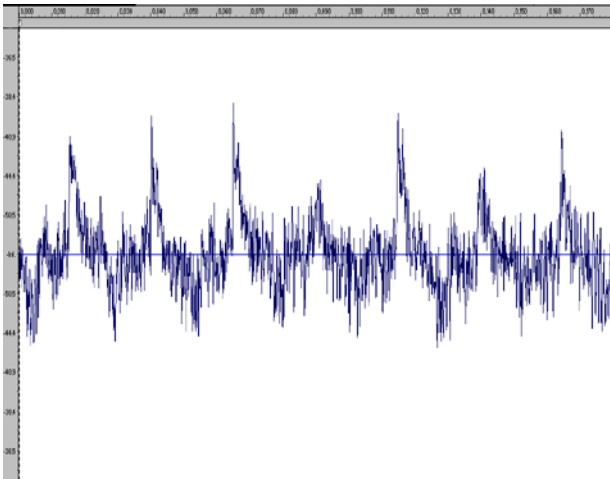
а)



б)

Рисунок 2.9. Спектральная (а) и входная (б) характеристики *ISD* при $f_{ex.} = 400$ Гц.

На осциллограмме видны, помимо гармонических составляющих, составляющие, кратные частоте обращения к строкам массива многоуровневой *flash*-памяти (40 Гц). Коэффициент гармоник измерялся на частоте 400 Гц, так как типовое измерение на частоте 1 кГц при полосе пропускания устройства в 3400 Гц сократит число гармоник до трёх.

Рисунок 2.10. Осциллограмма шумов *ChipCorder* Рисунок 2.11. Спектрограмма шумов *ChipCorder*

При частоте 400 Гц измерялась мощность девяти гармоник $K_r = 0,3\%$. На рисунках 2.10 и 2.11 представлены соответственно осциллограмма и спектрограмма шумов *ChipCorder*. При проведении этих измерений вход *ChipCorder* замыкался на сопротивление, равное номинальному сопротивлению источника сигнала на частоте 1 кГц (600 Ом) [37]. Характеристики многоуровневой *flash*-памяти представлены в таблице 2.1 [38].

При производстве многоуровневой *flash*-памяти изготовителем допускается наличие консервативных ячеек, состояние которых не изменяется при осуществлении процедуры перезаписи информации. Классифицировано четыре типа консервативных ячеек (рисунок 2.12), отличие между которыми определяется потенциалом, зафиксированным в процессе производства многоуровневой *flash*-памяти.

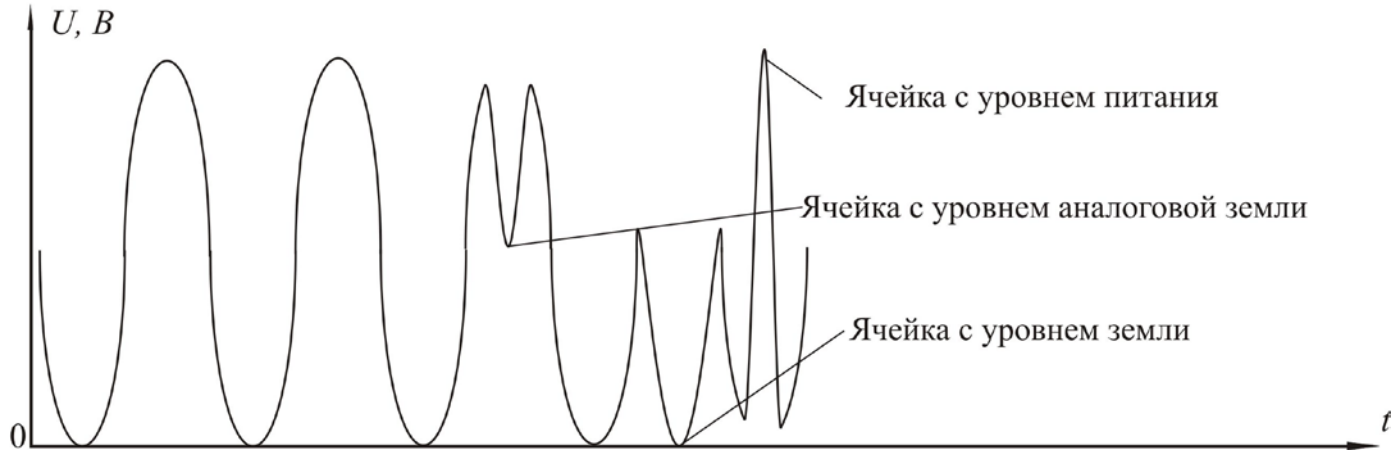


Рисунок 2.12. Типы консервативных ячеек памяти

Выявлено, что до 3% многоуровневой *flash*-памяти выпускается с наличием консервативных ячеек. Измерение разборчивости производилось имитационным путём. Информационный сигнал, состоящий из рекомендованных в [6] слоговых таблиц, был записан в стандарте шестнадцатиразрядной линейной ИКМ с частотой, равной 32 кГц, обусловленной кратностью этой частоты, применяемой в многоуровневой *flash*-памяти для обеспечения совпадения значений в отсчётах [168].

Оценивалась разборчивость женской и мужской речи как при наличии, так и при отсутствии консервативных ячеек в многоуровневой *flash*-памяти [39]. Подготовка фонограмм для оценки влияния консервативных ячеек на разборчивость речи производилось с использованием компьютерного моделирования линейной N – разрядной линейной ИКМ (таблица 2.2).

Таблица 2.2. Моделирование консервативных ячеек с использованием N -разрядной ИКМ

Потенциал консервативной ячейки	Эквивалент при моделировании N -разрядной ИКМ
Низкий	$K = 0$
Высокий	$K = 2^N$
Средний	$K = 2^N / 2$
От низкого до высокого	$K \in \{0, 2^N\}$

При тестировании 400 образцов многоуровневой *flash*-памяти выявлено, что 93% консервативных ячеек имеют равномерный закон распределения и снижают слоговую разборчивость на 2 – 3%, 5% ячеек имеют нормальный закон распределения и снижают слоговую разборчивость на 17 – 20% и 2% ячеек не поддаются классификации.

2.2.4 Способы повышения энергетических показателей аудиоинформационных устройств

Применение АИУ позволяет пользователям более комфортно использовать телекоммуникационные услуги, с одной стороны, и приводит к увеличению общего энергопотребления, с другой [23]. Исследуются возможные способы снижения энергопотребления АИУ и выполняется оценка степени их влияния на качество телефонного общения. Переход к совершенным технологиям, доступным сегодня, позволил бы сохранить 40% энергопотребления для большинства типов электроприборов [170]. Результаты исследования зависимости мощности потребления многоуровневой *flash*-памяти от частоты дискретизации представлены на рисунке 2.13. Снижение частоты дискретизации в 2 раза вызывает уменьшение мощности, потребляемой многоуровневой *flash*-памятью, в 1,8 раза.

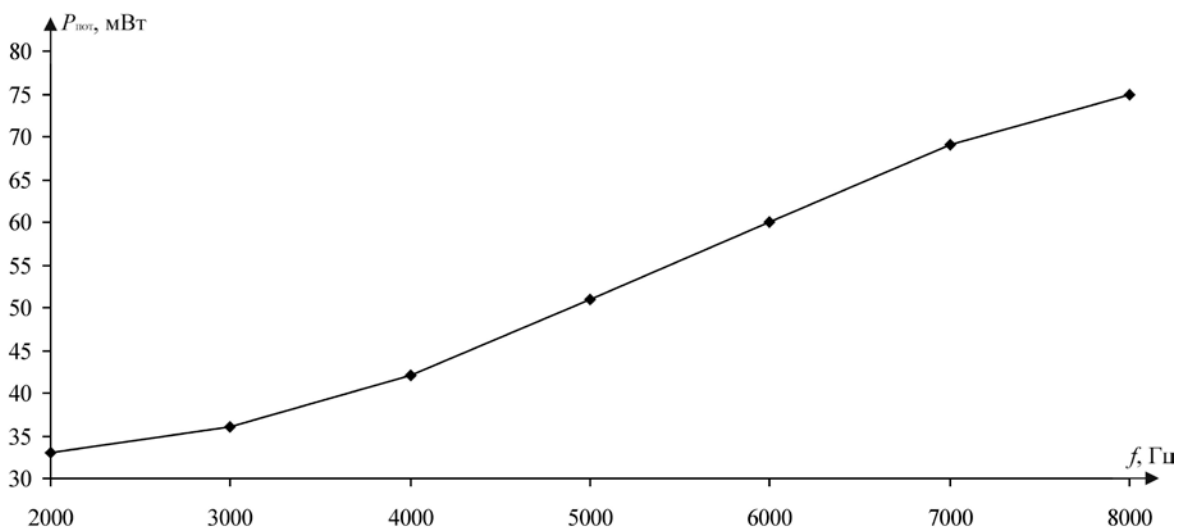


Рисунок 2.13. Зависимость мощности потребления *flash*-памяти от частоты дискретизации

Применение следующих мер позволит снизить энергопотребление ИКТ и оборудованием БЭ, в частности АИУ:

- получение максимальной мощности в нагрузке (согласованный режим).

Для достижения условия согласованного режима необходимо равенство сопротивлений нагрузки и источника электропитания [42] с учётом сопротивления линии доставки – абонентской линии АЛ (в случае ограничения тока необходимо согласование сопротивления, ограничивающего ток, и сопротивления нагрузки). Данный способ более подробно рассмотрен в [43].

- снижение потребляемой мощности существующих электронных компонент возможно за счёт уменьшения частоты дискретизации (рисунок 2.17), но это в свою очередь приведёт к ухудшению качества речи. Приемлимой для применения в АИУ является многоуровневая *flash*-память, объединяющая в себе преимущества современных кодеков и накопителей информации (НИ). В отличие от кодеков, в многоуровневой *flash*-памяти отсутствуют АЦП и ЦАП со свойственными им шумами квантования, а речевой сигнал запоминается в виде дискретных отсчётов аналогового сигнала без перевода его в цифровую форму. Измерения качества передачи речевого сигнала показывают, что снижение частоты дискретизации в многоуровневой *flash*-

памяти с 8 до 4 кГц вызывает уменьшение оценки качества передачи речи с «отлично» до «хорошо». Экспериментально полученные зависимости тока потребления и потребляемой мощности многоуровневой *flash*-памяти от напряжения питания отражены на рисунке 2.14. Выигрыш в мощности потребления, который возможно получить при снижении напряжения питания с 4,5 до 2,7 В, составляет до 2,3 раз, при этом параметры и характеристики функционирования многоуровневой *flash*-памяти не изменяются, остаются в пределах нормы.

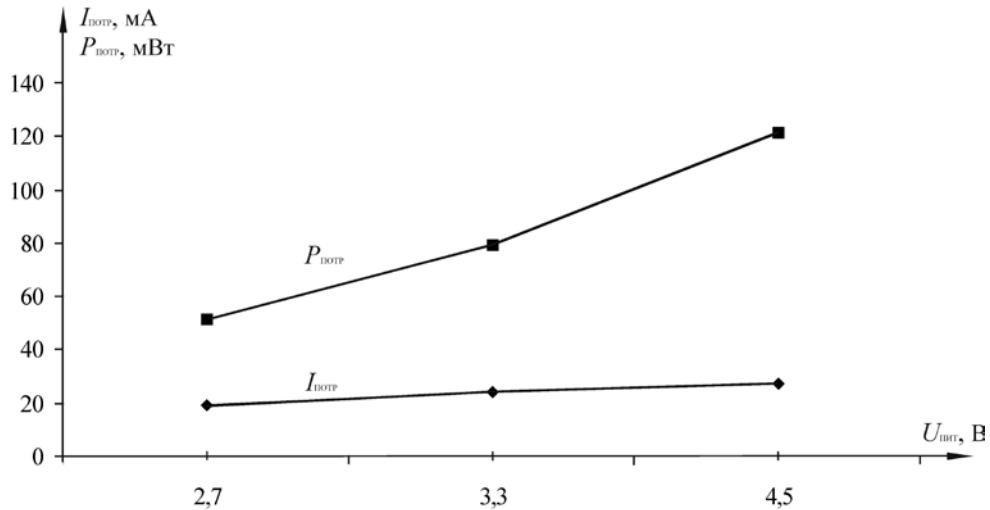


Рисунок 2.14. Зависимость энергетических параметров многоуровневой *flash*-памяти от напряжения электропитания

Основное снижение энергопотребления в АИУ возможно за счёт изменения тактовой частоты и напряжения питания микроконтроллера [44]. Рисунок 2.15 иллюстрирует зависимость тока потребления от тактовой частоты при различных напряжениях его электропитания.

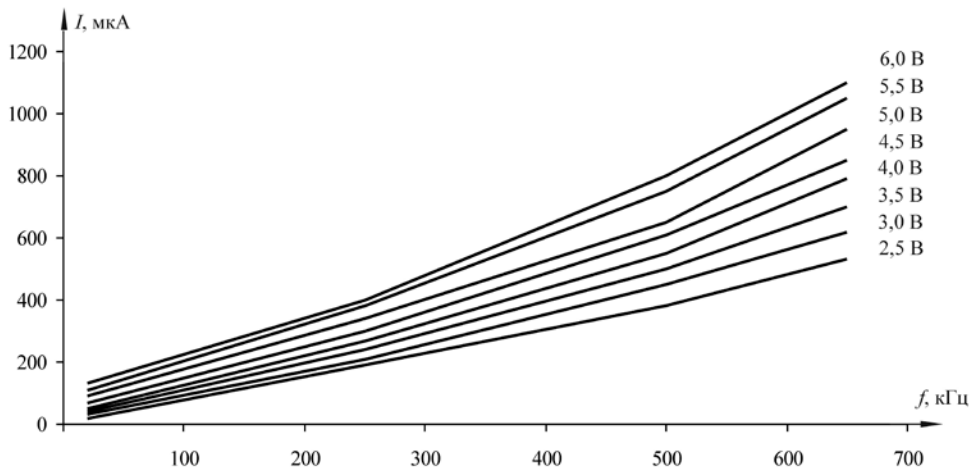


Рисунок 2.15. Зависимость тока потребления микроконтроллера от тактовой частоты

При фиксированной частоте тактового генератора, определяющей его производительность, например используемой в АИУ с электропитанием посредством абонентских линий – 600 кГц, уменьшение напряжения питания с 5,5 до 3,0 В позволяет снизить потребляемый микроконтроллером ток с 950 до 580 мкА, что соответствует снижению потребляемой мощности до 3 раз. Кроме того снижение энергопотребления микроконтроллеров возможно за счёт снижения тактовой частоты. Для этого необходимо использовать алгоритмы, адаптированные по времени

выполнения вычислений. За счёт этого возможно пропорционально снизить тактовую частоту и, соответственно, энергопотребление (рисунок 2.15):

- замена отдельных электронных элементов менее энергоёмкими [45]. Применение в АИУ усилителей с программированной потребляемой мощностью, многоуровневой *flash*-памяти и т. д. позволяет снизить энергопотребление таких устройств;

- электропитание только тех блоков, которые задействованы в выбранном режиме функционирования. Отключение незадействованных блоков АИУ в различных режимах функционирования позволяет снизить ток потребления до 3,0 мА. Потребляемый ток из АЛ без нарушения регламента функционирования АТС не должен превышать 1,0 мА в режимах ожидания «вызова» и «отбоя», при этом отключены все энергоёмкие блоки АИУ. В разговорном режиме максимально возможный ток потребления определяется значением эквивалентного сопротивления АЛ, состоящим из последовательно соединённых сопротивлений питающего абонентского комплекта АТС – R_{AK} и АЛ R_{AL} , а также напряжением станционного источника U_{BX} . Максимальная величина постоянного тока определяется из выражения:

$$I_{AL\ max} = \frac{U_{BX\ min}}{2R_{ДР\ max} + R_{AL}}, \quad (2.11)$$

где: $I_{AL\ max}$ – максимальный потребляемый ток; $U_{BX\ min}$ – максимально возможное снижение напряжения электропитания АТС (43,2; 54 В); $R_{ДР\ max}$ – активное сопротивление дросселя (500±50 Ом); R_{AL} – сопротивление используемой АЛ [46]. Значение R_{AL} может быть определено по формуле:

$$R_{AL\ max} = 2R_{KM} L_{AL}, \quad (2.12)$$

где: L_{AL} – длина АЛ (max 5 км); R_{KM} – электрическое сопротивление токопроводящей жилы постоянному току (определяется из [43]).

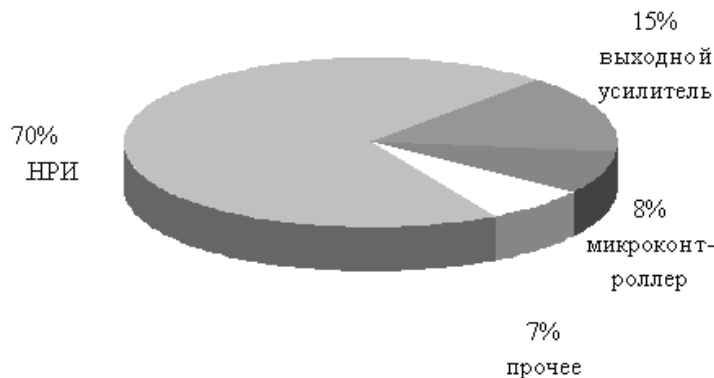


Рисунок 2.16. Потребление мощности различными блоками АИУ

Рассчитанный по формулам (2.11) и (2.12) максимальный ток, который возможно потребить от АТС посредством АЛ в разговорном режиме (при наиболее неблагоприятных условиях эксплуатации – напряжение станционного источника 54 В, максимальная длина АЛ), составляет 24 мА. На рисунке 2.16 представлена диаграмма мощности, потребляемой каждым из блоков, входящих в состав АИУ. Основной расход мощности приходится на три блока: многоуровневая *flash*-память, выходной усилитель и микроконтроллер.

При этом блок многоуровневой *flash*-памяти в 2,3 раза превосходит по потреблению все остальные блоки АИУ. Все прочие блоки и элементы, входящие в состав АИУ, составляют 7% от общего энергопотребления АИУ. Способы 2 – 4 возможно применять как к типовым АИУ с электропитанием от сети постоянного тока 60 В (~220 В), так и к АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. Эквивалентные схемы с различными типами нагрузок (типовой АИУ; АИУ с электропитанием посредством абонентских линий; упрощённая схема) представлены на рисунке 2.17, где: $R_э$ – эквивалентное сопротивление АЛ; БП – блок питания АИУ; МП – массив памяти; БСТЛ – блок согласования с телефонной линией; ВУ – выходной усилитель; БИП – блок интерфейса пользователя; БУ – блок управления; $R_{НАГР}$ – эквивалентное сопротивление нагрузки; $U_{ВХ}$ – напряжение стационарного источника; $U_{ВЫХ}$ – напряжение на нагрузке (выходное напряжение). Как видно из рисунка 2.17-а, энергоснабжение типовых АИУ осуществляется от источника постоянного тока напряжением 60 В (либо сети 220 В).

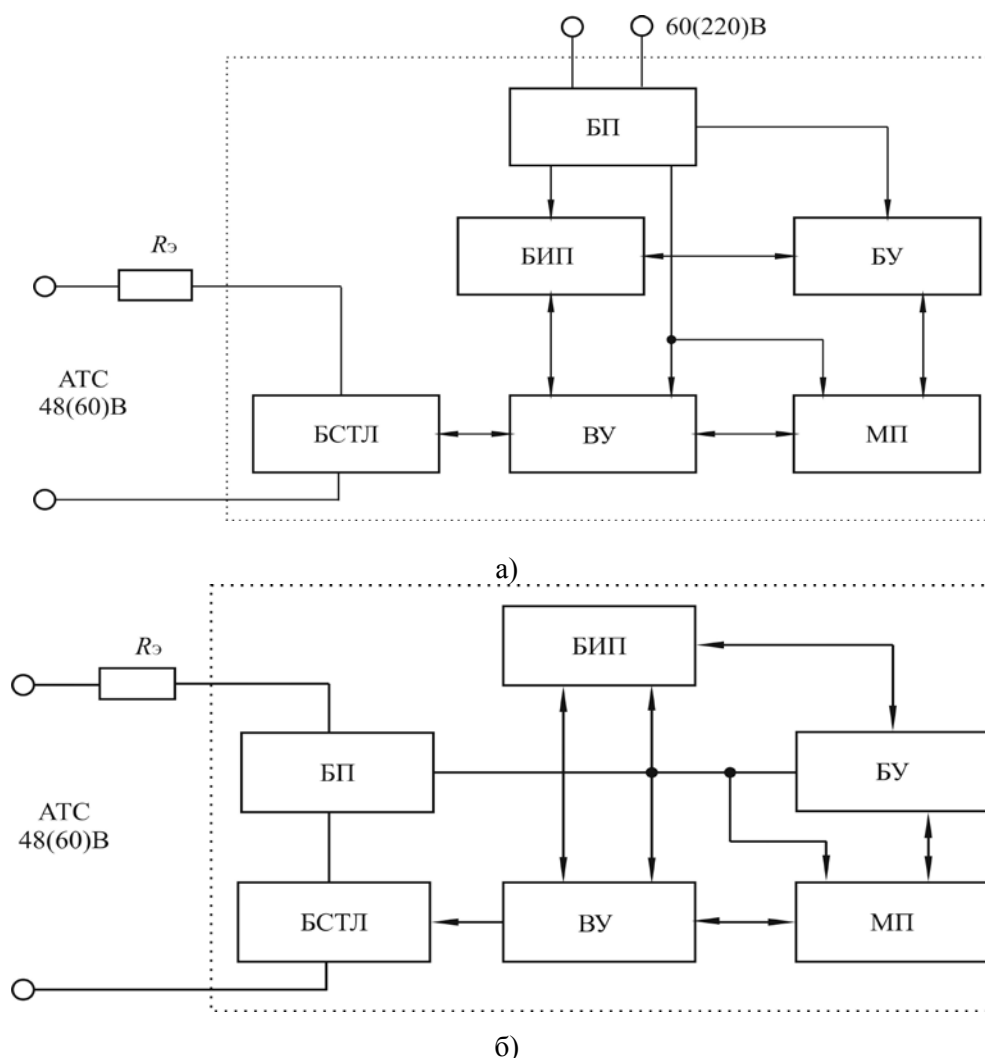


Рисунок 2.17. Эквивалентная схема АТС: а) – с типовым АИУ; б) – с АИУ с электропитанием посредством абонентских линий

Мощность, отдаваемая в АИУ от АТС, расходуется в БСТЛ на разогрев активного элемента – резистора. При применении АИУ с электропитанием посредством абонентских линий (рисунок 2.17-б), мощность, потребляемая от АТС, в большей степени расходуется на электропи-

тание АИУ, а также БСТЛ. Разогрев элемента и соответствующая потеря мощности практически отсутствуют (менее 5%). Преимуществами БСТЛ данного устройства являются выигрыш в энергетической эффективности и качестве передаваемой информации за счёт отсутствия помех сети электропитания.

Применение вышеперечисленных мер позволит в 2 раза снизить энергопотребление в АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. Эффективность их совместного применения более подробно рассмотрена в [43]. Оценочная стоимость технической реализации использования данных мер приведёт к увеличению его стоимости на 15%. Применение вышеперечисленных способов в АИУ позволяет увеличить процентное соотношение АЛ, обеспечивающих функционирование после замены оборудования АТС с 92 до 98% [47].

Предложенные способы снижения энергопотребления в АИУ делятся на две категории: вызывающие снижение качества передачи речи и нет. Выигрыш от их применения составляет соответственно 1,5 и 2,0 раза. Их совместное использование приводит к снижению энергопотребления АИУ до 2,9 раз. Абонентская оценка качества передачи речи при этом снижается до 3,2 баллов, что является недопустимым для ТфОП. Графики, приведённые на рисунке 2.18, получены статистическим путём [35].

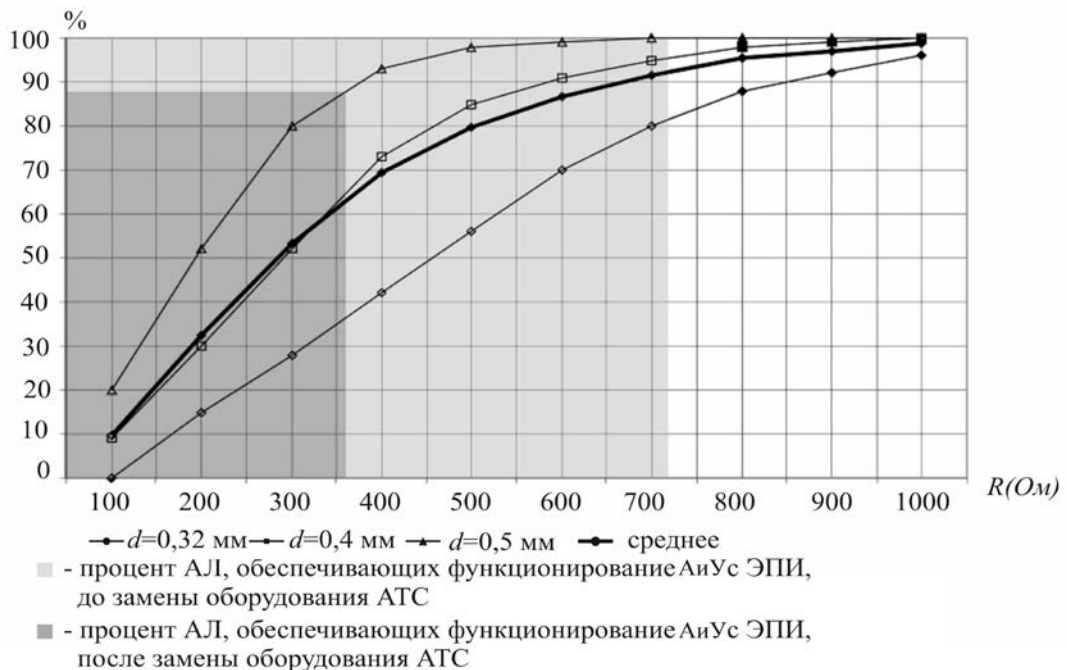


Рисунок 2.18. Процентное соотношение АЛ, обеспечивающих работоспособность АИУ

Оценка, обеспечивающая качество восприятия телефонных услуг связи, должна лежать в пределах 3,5 – 4,0 [48]. Такого значения возможно достигнуть при применении способов, не приводящих к снижению качества речи, и части способов, приводящих к нему. Оценка качества передачи речи достигает 3,7 баллов. При этом возможный энергетический выигрыш составляет 2,4 раза, что позволяет увеличить процентное соотношение АЛ, обеспечивающих функционирование АИУ с электропитанием посредством абонентских линий, невзирая на замену оборудования АТС.

Энергоснабжение АИУ с электропитанием посредством абонентских линий, в отличие от существующих аналогов, осуществляется от абонентского комплекта (АК) АТС посредством

АЛ. За счёт этого АИУ с электропитанием посредством абонентских линий обладают рядом достоинств: абсолютно пожаробезопасны; обеспечивают не только энергонезависимое хранение, но и передачу речевой информации; для инсталляции используется двухпроводное соединение. Помимо этого обеспечивается режим двукратной экономии электроэнергии, потребляемой оконечным оборудованием, что особенно актуально на современном этапе информационного развития. По данным [171], развитие индустрии информационных технологий может привести к глобальному дефициту энергии, для чего необходимо использовать энергосберегающие технологии, к которым относятся АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. При всех достоинствах АИУ с электропитанием посредством абонентских линий, существенным недостатком такого рода устройств является ограничение сферы их функционирования, накладываемое сопротивлением АЛ.

Реконструкция АТС, вызванная необходимостью обновления морально и материально устаревшего отечественного оборудования на импортное, приводит к изменению выходных параметров АТС: на 20% уменьшается напряжение питания АТС – с 60 В до 48 В; на 66% увеличивается сопротивление абонентского комплекта – с 1,2 кОм до 2 кОм. При этом в связи с ограничением тока, потребляемого АИУ посредством АЛ [49], максимальная мощность, отдаваемая от АТС оконечному оборудованию, снижается примерно в 2 раза. Следствием уменьшения отдаваемой мощности в оконечное оборудование является снижение процентного соотношения АЛ, на которых возможно функционирование АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. На рисунке 2.22 приведено процентное соотношение длин АЛ, обеспечивающих функционирование АИУ с электропитанием посредством абонентских линий до и после замены оборудования АТС. Так как АИУ с электропитанием посредством абонентских линий обеспечивают функционирование на 92% АЛ длиной до 2 км, то снижение мощности приводит к сужению сферы их применения до 53%. Это уменьшает на 39% (с 92% до 53%) число абонентов, гарантированно обеспеченных информацией об изменении телефонной нумерации.

Существуют различные способы оповещения населения: посредством интернета, почтовой рассылки, при помощи АИУ, установленных на АТС. Использование АИУ с электропитанием посредством абонентских линий наиболее эффективно в сложившейся ситуации за счёт обеспечения абонентов информацией об изменении телефонного номера непосредственно в момент вызова, так как лучше запоминается инструкция, данная перед выполнением, нежели за некоторое время до этого. Для восстановления прежнего соотношения числа абонентов, обеспеченных надёжной передачей информации, необходимо компенсировать снижение мощности, отдаваемой в оконечное оборудование, т. е. повысить энергетические показатели АИУ.

В пункте П 2.2 приложения 2 приведены способы компенсации снижения мощности, отдаваемой в оконечное оборудование.

Достижение согласованного режима позволяет получить выигрыш 39%. Это даёт возможность повысить энергетические показатели АИУ с электропитанием посредством абонентских линий и обеспечить его функционирование на 92% АЛ [43].

Электропитание только тех блоков, которые задействованы в данном режиме функционирования АИУ. Структурно АИУ состоит из следующих блоков: микрофонного и выходного

усилителя, накопителя информации и микроконтроллера. Устройство функционирует в трёх основных режимах: запись, воспроизведение и ожидание вызова. В таблице 2.3 приведены значения тока потребления основных блоков АИУ в трёх режимах функционирования и соответствующая экономия при незадействованных блоках.

Таблица 2.3. Энергопотребление блоков АИУ в зависимости от режима работы

Блок	Режим функционирования (задействованность / $I_{\text{пот}}, \text{мА}$)		
	Ожидание вызова	Запись	Воспроизведение
Микрофонный усилитель	Нет / 1	Да / 1	Нет / 1
Выходной усилитель	Нет / 2	Нет / 2	Да / 2
Микроконтроллер	Да / 0,05	Да / 0,05	Да / 0,05
Речевой накопитель	Нет / 0,001	Да / 25	Да / 15
Суммарное потребление	3,051	28,05	18,05
Потребление при экономии	0,05	26,05	17,05

Выигрыш данного способа составляет 17% и позволяет использовать АИУ с электропитанием посредством абонентских линий на 70% АЛ. Снижение потребляемой мощности может осуществляться путём замены отдельных электронных компонентов менее энергоёмкими: – использование операционных усилителей (ОУ) с программируемой мощностью потребления; – применение в качестве накопителей многоуровневой *flash*-памяти. Более подробно данный способ рассмотрен в [50]. Применение способа позволяет повысить процентное соотношение АЛ, обеспечивающих функционирование АИУ с электропитанием посредством абонентских линий, на 7%. Для накопления энергии в режиме ожидания вызова АИУ можно использовать аккумуляторы. Но при этом имеются ограничения, связанные с ограничением интенсивности вызовов. Выигрыш от применения данного способа составляет 4%, что позволяет использовать АИУ с электропитанием посредством абонентских линий на 57% АЛ [43].

2.3 Формирование требований к основным характеристикам, области применения и классификационным признакам аудиоинформационных устройств

Количественный рост телефонных сетей, расширение зоны действия, увеличение числа конечных терминалов обозначили задачу повышения комфортности обслуживания абонентов. При предоставлении услуг с использованием телефонной сети возникают проблемы необходимости модернизации устаревших АТС и увеличения численности абонентов, что приводит к изменению и расширению телефонной нумерации.

Возникшие проблемы возможно решить за счёт автоматизированного аудиоинформационного обслуживания (ААО) абонентов. ААО применяется в сфере услуг, предоставляемых с использованием телефонных сетей: в службах технической поддержки пользователей, справочно-информационных службах, при предоставлении услуг заказа и бронирования и т. п. [40]. ААО позволяет удовлетворять потребности постоянно возрастающего числа клиентов, повышая качество и эффективность их обслуживания. ААО абонентов оправдано там, где общение сводится к выбору стандартного набора услуг. Этот процесс поддается алгоритмизации, которую возможно автоматизировать за счёт использования АИУ.

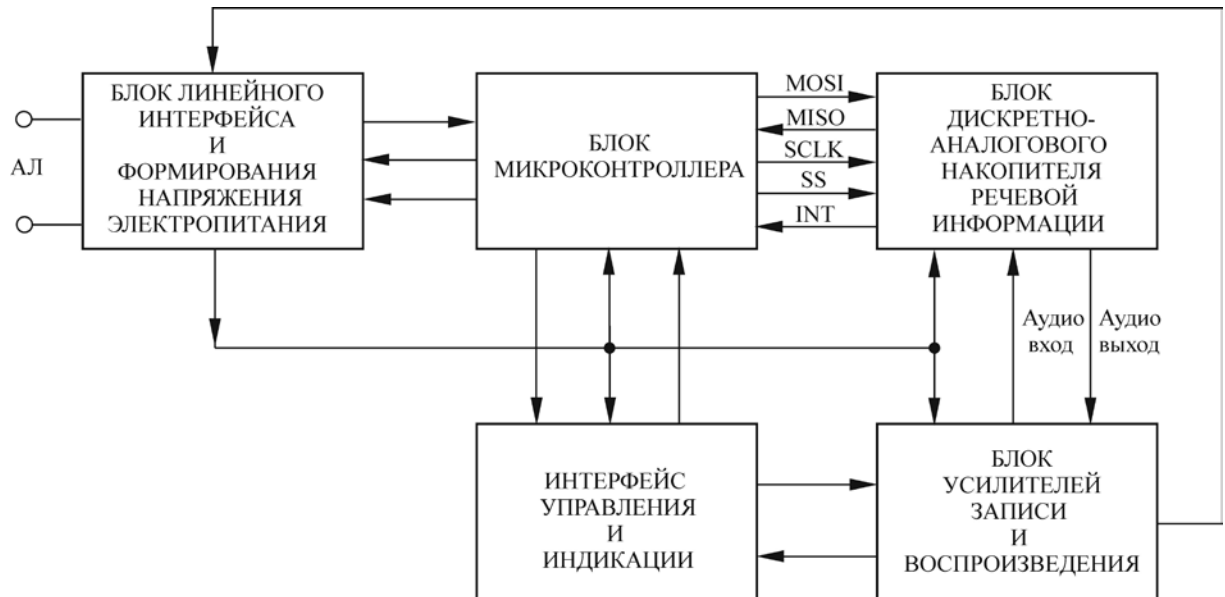


Рисунок 2.19. Структурная схема АИУ с электропитанием посредством АЛ

В пункте П 2.1 приложения 2 (рисунок П 2.1) приведена типовая схема структурной реализации АИУ с электропитанием от сети 220 В. Представленная на рисунке 2.19 разработанная структурная схема, позволяет осуществлять электропитание всех энергозависимых компонент АИУ посредством АЛ. Отличительной особенностью данной реализации является наличие блока формирования напряжения электропитания из АЛ и отсутствие блока электропитания 220 В. В блоке формирования напряжения электропитания предусмотрена поддержка режимов адаптивного изменения тока потребления многоуровневой *flash*-памяти.

Сформулированы рекомендации на основании исследований, проведённых в предыдущих главах по применению АИУ с электропитанием от АЛ. Рассмотрен алгоритм защиты от непреднамеренного стирания информации. Проведены исследования потребляемой мощности оборудования и установлен закон её распределения. В таблице 2.4 приведены технические характеристики и эксплуатационные параметры АИУ.

Таблица 2.4. Технические характеристики и эксплуатационные параметры АИУ

Параметр	Тип электропитания оборудования	
	Сеть 220 В	Абонентская линия
Оперативная смена информации	Возможна	
Номинальный уровень передачи, дБ	0дБ (0,775 В)	
Полоса частот, Гц	300 – 3400	
Номинальная нагрузка, Ом	600	
Неравномерность АЧХ относительно 1000 Гц, дБ	< 3	<1
Максимальная длительность информации, с	240	480
Превышение цикла воспроизведения над записью, с	0,5	0,1
Хранение информации при отключении питания	Невозможно	10 лет
Защита информации от непреднамеренного стирания	Отсутствует	Есть
Гибкое изменение конфигурации	Невозможно	Возможно
Функционирование при пропадании сети 220 В	Невозможно	Возможно

Анализ перспектив развития МГТС показал, что наметилась тенденция к сокращению длин линий, что позволит в будущем использовать АИУ на большинстве АЛ.

Разработаны структурная схема и алгоритм функционирования устройства с учётом специфики распределения энергии в разговорном состоянии и режиме ожидания вызова.

Использование станционных источников для электропитания АИУ являлось решением для оборудования, установленного на ГТС, но не позволяло использовать АИУ вне стен АТС.

Несколько десятилетий назад был создан новый тип накопителя информации *flash*-память, который одновременно сочетает в себе достоинства ОЗУ и ПЗУ, позволяя оперативно изменять сообщения как в ОЗУ, при этом осуществляя хранение записанной информации без энергозатрат, так и в ПЗУ. Развитием этого типа накопителя для применения в технологии записи и хранения речи явилось появление многоуровневой *flash*-памяти, позволяющих сохранять информацию в виде дискретных отсчётов аналогового сигнала без выполнения операции квантования.

На одном кристалле собраны все необходимые элементы для осуществления записи и воспроизведения аналогового сигнала. С использованием данного накопителя речевой информации разработано несколько разновидностей АИУ, отличающихся способами электропитания оконечного оборудования. Но это не решило проблему информационного обеспечения при пропадании электропитания.

Проблему передачи информации в условиях нестабильного энергообеспечения удалось решить, используя электропитание АИУ от АЛ, являющимся наиболее перспективным на сегодняшний день. Оборудование ААО с электропитанием от АЛ позволит минимизировать временные затраты, связанные с выездом к месту установки устройства при пропадании электросети. Применение АИУ с электропитанием от АЛ сокращает потребляемую мощность, ранее расходовавшуюся на удержание реле абонентского комплекта, и увеличивает отношение С/Ш за счет исключения помех электросети.

Мощность, потребляемая аудиоинформатором от телефонной станции, не превышает предельно допустимых мощностей, лимитированных для оконечного оборудования, применяемого на АТС. Функционирование АТС в случае пропадания энергоснабжения обеспечивается за счет внутренних аккумуляторов в течение трех часов. Если в течение установленного срока энергоснабжение не будет восстановлено, то питание АТС обеспечивается за счет дизельных генераторов.

Таким образом, электропитание от АЛ обеспечивает работоспособность АИУ при пропадании сетевого энергоснабжения и является несомненным преимуществом перед оборудованием, работающим от электросети с напряжением 220 В. Как видно из данных, представленных в таблице 2.5, использование АИУ с различными способами электропитания и носителями информации имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрены различные АИУ с точки зрения применённого типа информационного носителя, необходимости проведения профилактических и ремонтных работ, хранения и передачи информационных сообщений и универсальности применения как на ГТС, так и в качестве оконечного абонентского оборудования.

Человек и окружающее его информационное пространство постоянно между собой взаимодействуют и, следовательно, оказывают взаимное влияние.

Таблица 2.5. АИУ с различными носителями информации и электропитанием

Тип носителя	Электропитание АИУ	Необходимость проведения профилактических работ	Хранение информации без питания	Надёжность передачи информации при пропадании питания	Универсальность применения (на АТС, у абонента)
Магнитный	220 В	+	+	–	+
	60 В	+	+	+	–
ОЗУ	220 В	–	–	–	+
	60 В	–	+	+	–
Многоур. flash-память	220 В	–	+	–	+
	60 В	–	+	+	–
	АЛ	–	+	+	+

На рисунке 2.20 приведена модель и определено место ТС и АИУ при взаимодействии человека в системе «Человек – Машина – Среда». В этой модели приняты обозначения Ч – человек, М – машина, Т – технология, С – среда (окружающая), АИУ – аудиоинформационные устройства, которые и являются технологией функционирования системы.

В данной системе АИУ являются буфером между абонентом и оператором, поэтому для улучшения качества восприятия телефонных услуг связи разработан интерфейс взаимодействия абонента с АИУ (так называемые вложенные меню).

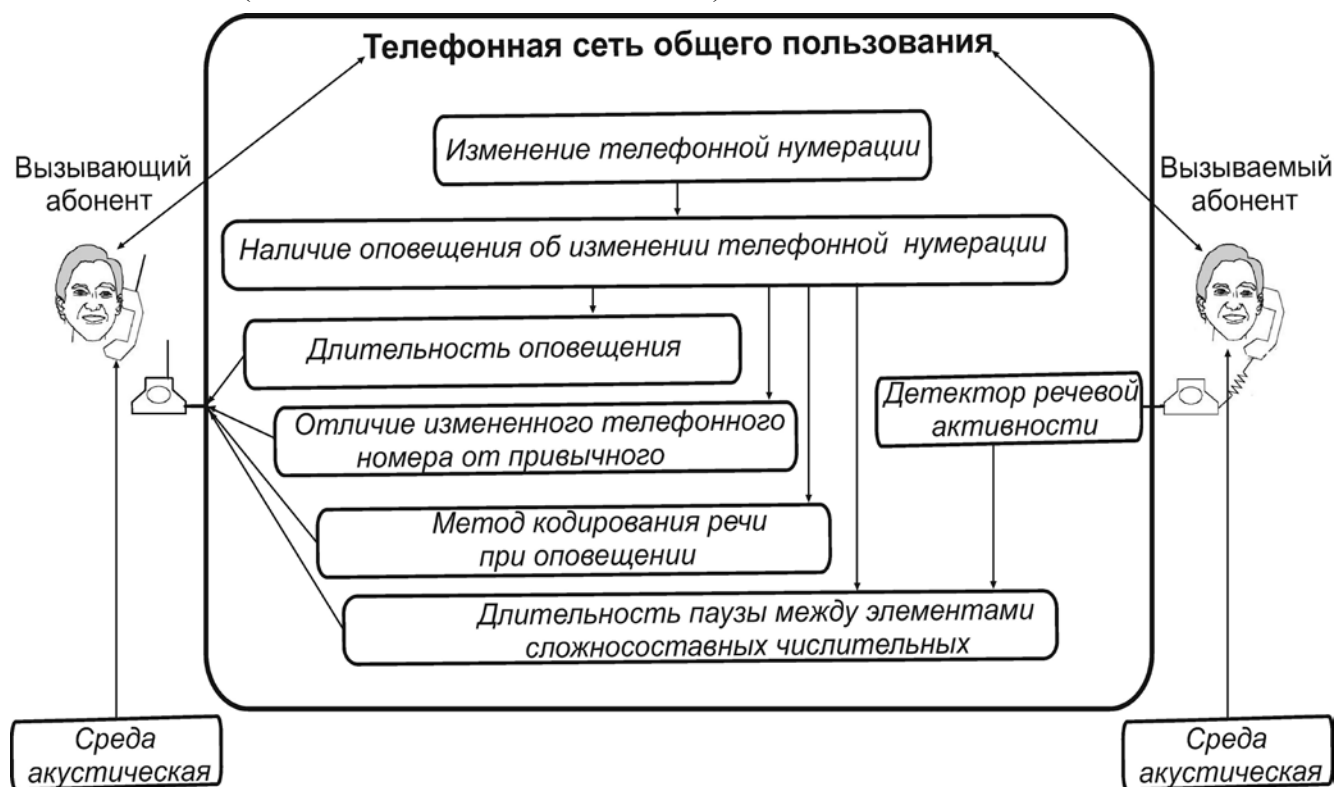


Рисунок 2.20. Место АИУ в системе Абонент-ТфОП- Среда акустическая

В диссертации рассмотрена специфика структурных и схмотехнических решений существующих АИУ для телефонных сетей связи, выбраны и классифицированы основные параметры АИУ. Выявлено, что в условиях нестабильного энергоснабжения наиболее подвержены потерям и перерывам в передаче информации АИУ с электропитанием от сети 220 В. На рисунке 2.21 показаны классификационные признаки АИУ.



Рисунок 2.21. Классификационные признаки АИУ

Для обеспечения требуемых показателей из существующих признаков были выделены основные (рисунок 2.22), которым и было уделено особое внимание в диссертационной работе.

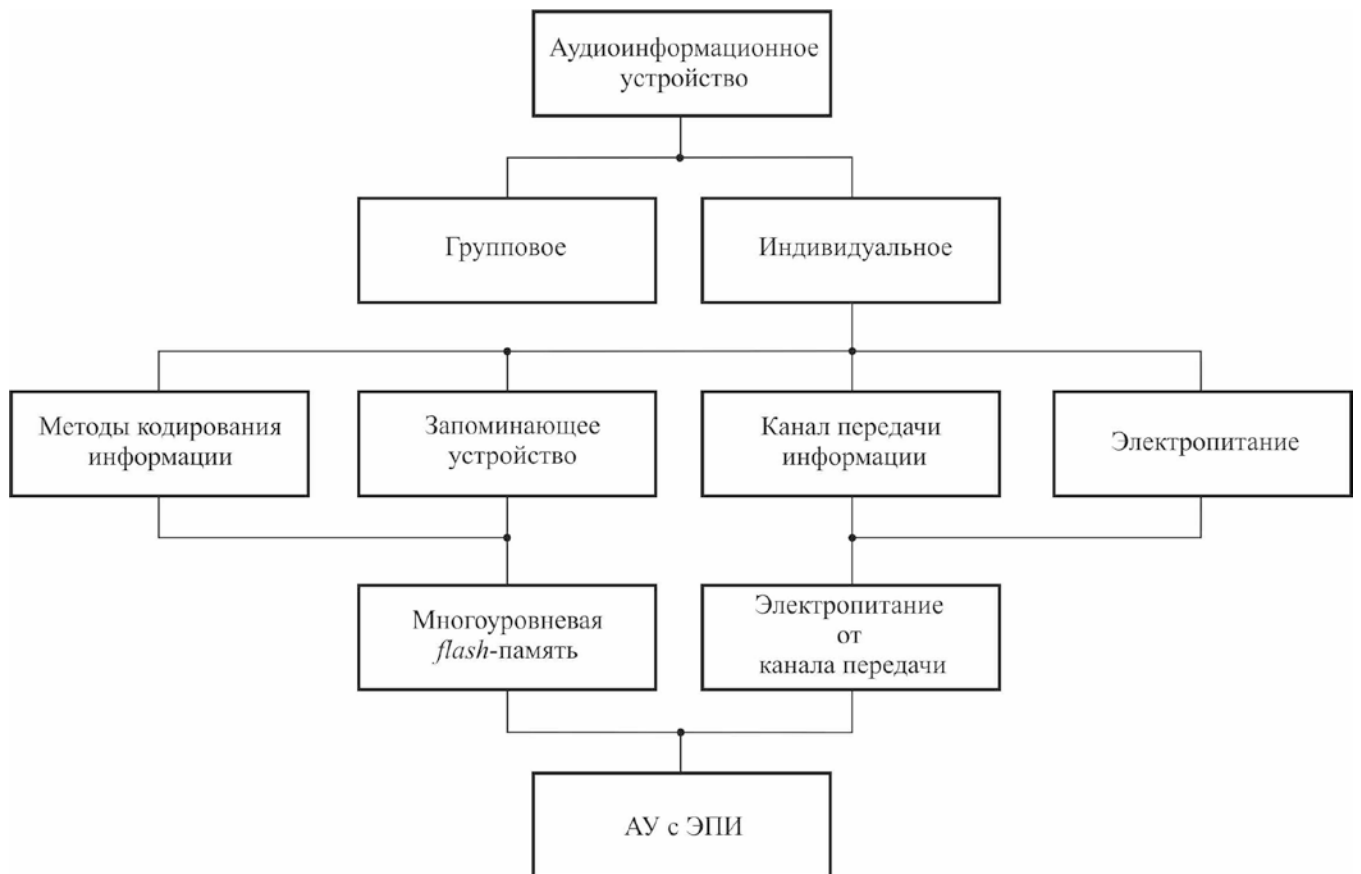


Рисунок 2.22 Составляющие АИУ

Основными элементами АИУ являются: методы кодирования, запоминающие устройства, каналы передачи информационного сигнала и электропитание. Повышение надёжности доставки информации возможно за счёт применения электропитания АИУ посредством АЛ. Спрос на электроэнергию опережает предложение, что связано с ростом производства, численности населения и спроса на комфорт (кондиционеры, тёплые полы и т. д.). Поэтому возможно прогнозировать перебои с доставкой электроэнергии, которые скажутся в первую очередь на обо-

рудования с электропитанием от сети 220 В. Это приведёт к приостановке процесса ААО и отказу в обслуживании абонентов. Применение АИУ с электропитанием от АЛ и наличие у абонента терминала – телефонного аппарата [41] с электропитанием посредством АЛ – позволит оператору передавать информационные сообщения, а абоненту бесперебойно их получать.

2.4 Разработка алгоритма модели «Абонент-ТфОП- Среда акустическая», учитывающего влияние выявленных факторов на качество восприятия услуг связи

В построении алгоритма модели «Абонент-ТфОП-Среда акустическая» используются элементы вероятностной алгебры-логики. Критерии качества восприятия телефонных услуг связи определяются нормативными документами. Для выявления доли различных факторов, влияющих на качество телефонного общения, необходимо проводить социологические исследования среди абонентов телефонной сети. Значимость показателей и их ранжирование определяется экспертами. Представленный алгоритм позволяет получить: оценку факторов негативно-го влияния в период модернизации телекоммуникационных сетей и вероятность нормального функционирования системы «Абонент-ТфОП- Среда акустическая».

Предложена экспертная система оценки качества телефонного общения, вычислительным ядром которой является имитационная модель процесса возникновения негативных факторов, влияющих на восприятие человеком информации в человеко-машинных системах (ЧМС) [52, 53]. Учитывая то обстоятельство, что в телефонном общении равноправными участниками являются человек (абонент), машина (ТфОП), а также окружающая среда, в месте приёма и передачи информации, удобно рассматривать качество телефонного общения через функционирование системы «Абонент -ТфОП - Среда акустическая». Входы $I(t)$ и выходы $E(t)$ показывают взаимодействие системы с внешней средой (рисунок 2.23).

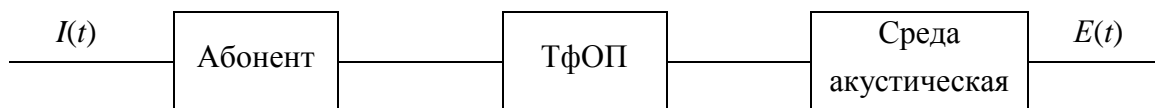


Рисунок 2.23. Система «Абонент-ТфОП- Среда акустическая»

Критерии качества (комфортности) телефонного общения определяются: соответствующими руководящими документами [53, 54, 92]. Для исследования предлагается использовать факторы (показатели) системы, которые могут оказывать негативное влияние на качество телефонного общения (таблица 2.6). Для определения доли различных факторов (показателей и их значимости), влияющих на качество телефонного общения, проводятся социологические исследования среди абонентов телефонной сети, а для определения значимости показателей и их ранжирования необходима оценка подготовленных экспертов.

Опираясь на закон Вебера – Фехнера и Хика возможно установить связь между объективными характеристиками электрического сигнала передаваемого по ТфОП и ощущениями человека [55]. Закон Вебера – Фехнера можно сформулировать так: ощущения человека - L пропорциональны логарифму раздражения X

$$L = \lg\left(\frac{X}{X_0}\right), \quad (2.13)$$

где X_0 – абсолютный порог восприятия интенсивности раздражения человеком; X – текущая интенсивность раздражения.

Это обусловлено тем, что чувствительность анализатора человека изменяется обратно пропорционально входному сигналу

$$K = \frac{dL}{dX} = \alpha \frac{1}{X}, \quad (2.14)$$

где α – коэффициент пропорциональности.

Связь ощущений L и информации I , открыл американский ученый Хик, который показал, что время реакции T_p человека на входную информацию I зависит не только от ее количества, но и ее качества – смысла

$$T_p = T_0 + k \cdot I, \quad (2.15)$$

где T_0 – постоянная времени анализатора человека, с; I – количество поступающей информации на вход анализатора, бит; k – семантический коэффициент, характеризующий важность (смысл) поступающей информации с/бит.

В пункте П 2.4 приложения 2 приведена последовательность построения алгоритма анализа влияния негативных факторов. На рисунке 2.24 представлена зависимость фразовой разборчивости сложносоставных числительных от длительности пауз между их элементами, иллюстрирующей область устойчивого восприятия информации пользователем телефонных услуг связи. Из практического опыта известно, что к снижению качества телефонного общения приводит ряд факторов влияния сетей связи, выстраивающихся в причинную цепь предпосылок, так называемое «дерево причин».

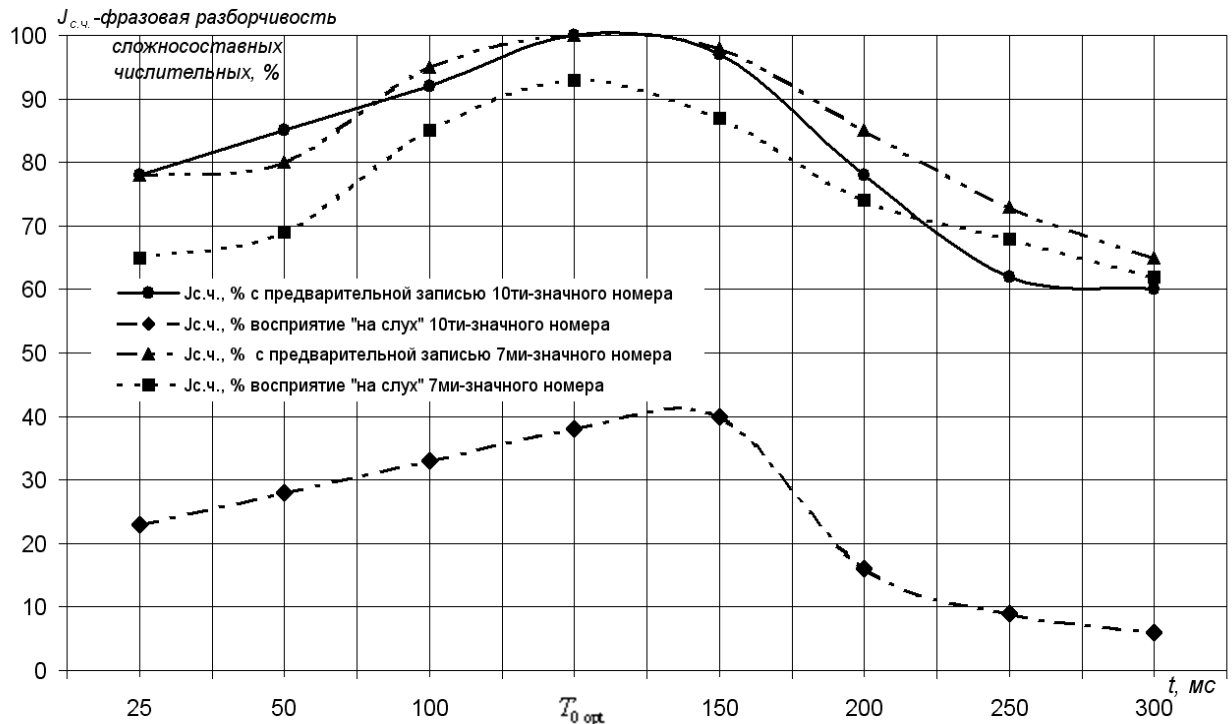


Рисунок 2.24. Зависимость фразовой разборчивости сложносоставных числительных от длительности пауз между их элементами

При его построении широко используются элементы алгебры-логики. В зависимости от уровня детализации причин – предпосылок головного события, «дерево причин» может иметь сильно разветвленную структуру (рисунок 2.25).

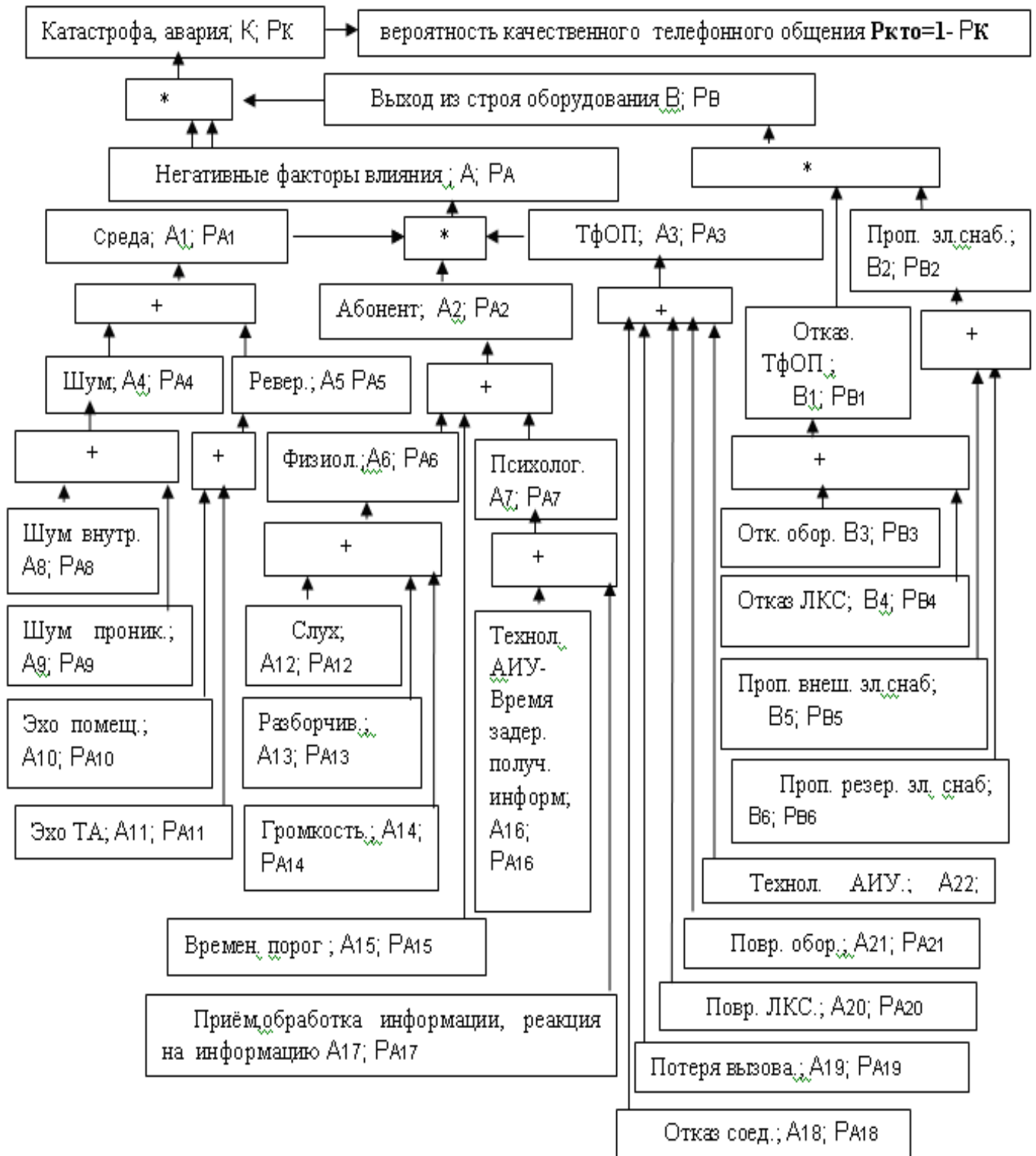


Рисунок 2.25 Алгоритм анализа функционирования системы «Абонент- ТфОП – Среда акустическая»

При имитационном моделировании оценки факторов влияния x_i отличаются друг от друга. Поэтому была предложена подсистема оценки факторов влияния (таблица 2.6), в которой

использована универсальная балльно-лингвистическая шкала из 5 разрядов-оттенков (низкая; ниже среднего; средняя; выше среднего; высокая) и т.п.

Таблица 2.6. Балльно-лингвистическая оценка «Влияние негативных факторов среды»

Название	Вес (0-1,0)	Бальная (0-5)	Лингвистическая оценка	Объективная оценка
Уровень шумов, проникающих в помещение	0,4	4	Высокая	> 75 дБА
Уровень собственных шумов в помещении	0,3	3	Выше среднего	>65 дБА
Наличие собственного эха в помещении	0,25	2,5	Средняя	Время реверберации > 3 с
Эхо за счёт обратной связи в телефонном терминале	0,05	0,5	Ниже среднего	Расстояние от базы до терминала меньше 1 м

Использование балльно-лингвистической шкалы (таблица 2.7), позволяет унифицировать как качественные, так и количественные исходные данные.

Таблица 2.7. Балльно-лингвистическая оценка «Влияние человеческого фактора»

Название	Вес (0-1,0)	Бальная (0-5)	Лингвистическая ▲	Объективная оценка
Понижение слуховой чувствительности	0,45	4	Высокая (потеря чувствительности)	> 30%
Разборчивость речи на уровне шума (маскировка)	0,3	3,5	Выше средней (эффект маскировки сообщения)	> 20%
Громкость и высота тона	0,15	1,5	Средняя (низкая громкость сигнала)	Время реверберации > 3с
Временной порог восприятия	0,05	0,05	Ниже среднего (замечены паузы при приеме информации)	>100 мс. (Норма 40-80 мс)
Качество приема и декодирования информации. Время реакции на информацию T_p	0,05	0,05	Ниже среднего (есть жалобы на достаточно большую скорость передачи информации)	Объём памяти < 2-5 символов. Скорость получения информации <10 бит/с. Скорость обработки информации $0,1 \leq V \leq 1$ бит/с

В таблицах 2.6 и 2.7, в качестве примера, представлены ориентировочные балльно-лингвистические оценки «Влияние негативных факторов среды» и «Влияние человеческого фактора».

2.5 Развитие выбранного метода интегральной оценки качества восприятия услуг связи при изменении телефонной нумерации

2.5.1 Общие положения

При изменении телефонной нумерации снижается коэффициент эффективных попыток вызова, являющийся одним из основных показателей качества восприятия. Изложенные в нормативных документах [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 181] методы и методики не позволяют получить достоверную оценку этого снижения. Поэтому необходима раз-

работка метода, позволяющего оценить качество восприятия телефонных услуг связи. Разрабатываемый метод опирается на [53, 54, 59, 92]. Оценка эффективных попыток вызова, может быть основана, но не определена в соответствии с [54].

2.5.2 Анализ первичных нормативно-правовых документов

Анализ литературных источников [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 181] позволил выбрать методы и методики, адаптируемые к оценке качества восприятия телефонных услуг связи *Quality of Experience (QoE)*, при развитии и/или при введении перспективных услуг связи. В перечне обобщенных показателей качества, используемых для расчета интегрального показателя, отсутствует учёт субъективной реакции абонентов на сложность изменения телефонного номера и параметров автоматического речевого оповещения об этом событии.

2.5.3 Проведение социологического опроса пользователей

Социологические опросы рассмотрены как элемент метода оценки качества телефонных услуг и его повышения. Опрос является субъективным количественным методом исследований, осуществляющим взаимодействие между поставщиком и потребителем услуг связи. Он позволяет получить от потребителей услуг связи ответы на заранее сформулированные вопросы, составленные по результатам пилотного исследования. Требования к составлению опросных анкет приведены в [56, 61, 62].

Основные принципы и этапы проведения социологического опроса:

- цель проведения опроса состоит в выявлении удовлетворенности потребителей качеством обслуживания и определения проблемных зон оказания услуги;
- достоверность и надежность информации зависит от репрезентативности выборки;
- вопросы анкеты должны точно соответствовать предмету опроса;
- перед применением анкеты должно проводиться пилотное исследование. На основании полученной информации вопросы анкеты подлежат корректировке;
- результаты социологического опроса оцениваются по общему количеству в единицах и долях, от общего количества опрошенных в процентах.

В соответствии с рекомендациями [54, 61, 62, 92] объём выборки из генеральной совокупности, необходимый для обеспечения репрезентативности с доверительной вероятностью 95 %, составляет 1500 респондентов. Для опроса использованы анкеты с закрытыми вопросами, ответами по 5^{ти} балльной шкале и названиями, отражающими цель исследования, указаны общие сведения о респондентах (пол, возраст, род занятий, образование и т. д.).

Вопросы, на которые было получено более 75% всех ответов респондентов, приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8. Коэффициенты веса основных составляющих QoE

Наименование вопросов, на которые получено наибольшее количество ответов (75% и выше)	Ответы	Кол-во ответов	Процент ответов	Коэффиц. веса (предварит.)
1. Сколько месяцев необходимо осуществлять автоматическое речевое оповещение об изменении телефонного номера?	От 3х и более	465	31	0,31
2. Какой должна быть слоговая разборчивость при передаче информации об изменённом телефонном номере?	Не ниже Хорошей	360	24	0,24
3. Каким должно быть время доступа к информации об изменении телефонного номера (количество гудков), с ?	Не более 20-30 (4-6)	285	19	0,19
4. Какая степень сложности изменения телефонного номера, по сравнению с привычным, приемлема для вас?	Ниже средней	210	14	0,14
5. С каким качеством необходимо передавать информацию об изменении телефонного номера?	Выше хорошего	135	9	0,09
Всего:	–	1455	97	0,97

Процентное соотношение вопросов, определённых испытуемыми в качестве приоритетных, дают предварительные коэффициенты веса для основных составляющих QoE . Анализ результатов обработки социологического опроса, представленных в таблице 2.8, показывает, что 31% (465 из 1500) респондентов отдают предпочтение показателю длительности оповещения абонентов об изменении телефонного номера. Из общего числа респондентов 3% или 45 опрошенных, указали показатели, не вошедшие в число приоритетных. По результатам социологического опроса, выполнено имитационное моделирование и разработан программный продукт, позволяющий оценить количество повторов информации, необходимое для информирования абонентов об изменении телефонной нумерации.

2.5.4 Развитие метода интегральной оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации

Интегральный показатель качества вычисляют по формуле:

$$I_{QoE}(QoS) = K_{ЭПВ\text{ ИИТ}} + \sum_{i=2}^n K_i \cdot Y_i, \quad (2.16)$$

где n - количество обобщенных показателей качества (в предлагаемом варианте $n=6$);
 K_i - значение весовых коэффициентов; Y_i - функция пересчета [54]:

$$K_{ЭПВ\text{ ИИТ}} = K_{ЭПВQoS} K_{ЭПВQoE} K_{ПОВТ.АИУ}, \quad (2.17)$$

где $K_{ЭПВQoS}$ - коэффициент эффективных попыток вызова, определяется по [54]; $K_{ПОВТ.АИУ}$ - корректирующий коэффициент, не учитывающий реакцию абонента; $K_{ЭПВQoE}$ - коэффициент эффективных попыток вызова, учитывающий субъективные факторы:

$$K_{ЭПВQoE} = \frac{\sum_{j=1}^m (N_{ПННQoE})}{\sum_{j=1}^m (N_{ОБЩQoE})}, \quad (2.18)$$

где $N_{ПННQoE}$ - количество правильно набранных номеров; $N_{ОБЩQoE}$ - общее количество номеров набранных одним экспертом; m - число экспертов.

$$K_{ПОВТ.АИУ} = 1 - 0,5 \left(\frac{N_{ЗВ.ИЗМ.}}{N_{ЗВ.ОБЩ.}} \right), \quad (2.19)$$

где $N_{\text{ЗВ.ИЗМ.}}$ - количество звонков по изменённым номерам; $N_{\text{ЗВ.ОБЩ.}}$ - общее количество звонков по всем номерам.

С учётом выражения для $K_{\text{ЭПВ ИНТ}}$, определённого в (2.17 – 2.19), формула 2.16 примет вид

$$I_{QoE}(QoS) = \frac{K_{\text{ЭПВ}QoS} \sum_{j=1}^m (N_{\text{ПНН}QoE}) \cdot \left(1 - 0,5 \left(\frac{N_{\text{ЗВ.ИЗМ.}}}{N_{\text{ЗВ.ОБЩ.}}} \right) \right)}{\sum_{j=1}^m (N_{\text{ОБЩ}QoE})} + \sum_{i=2}^n K_i \cdot Y_i \quad (2.20)$$

Коэффициенты веса формируются на основе социологических исследований с использованием регрессионно-корреляционного анализа. Оценка качества восприятия учитывает субъективное восприятие, определяющееся законом Вебера-Фехнера. Критерии оценки QoE , их коэффициенты и параметры мешающих факторов приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9. Критерии оценки QoE , коэффициенты веса и параметры мешающих факторов

Коэф. веса, $K_{\text{веса}}$	Факторы	Основные параметры факторов, влияющих на качество восприятия				
		0	1	3	6	12
0,3	y_1 , месяц	0	1	3	6	12
0,25	y_2 , %	< 25	25-40	40-56	56-80	80-100
0,2	y_3 , с (КПВ, шт.)	> 60 (12)	45-60 (9-12)	30-45 (6-9)	15-30 (3-6)	<15 (3)
0,15	y_4 , (ABC-abc-xxxx)	ABC-abc-xxxx	ABC-abc-xxxx	ABC-abc-xxxx (ABC-abc-xxxx)	ABC-abc-xxxx (ABC-abc-xxxx)	ABC-abc-xxxx
0,1	y_5 , дБА	>75	65-75	55-65	45-55	<45
0,02	y_6 , дБ	<6	10	20	30	>40
0,01	y_7 ,	< 1,7	1,7-2,5	2,5-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0
Критерии оценки, затруднение		очень сильное	сильное	умеренное	легкое	не ощущалось
Оценка		1 (20%)	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	5 (100%)
Примечание: в постмодернизационный период факторы, определяющие качество восприятия, изменятся.						

В интегральный показатель качества восприятия телефонных услуг связи включено субъективное восприятие объективных параметров сети. «Приоритетный» показатель, является определяющим в системе групповых показателей. Этому показателю присваивается «вес», равный сумме «весов» групповых показателей. Формула для определения показателя QoS представляет собой мультипликативную модель, позволяющую формально учесть не компенсационные правила, однако, если оцениваемый объект имеет хоть по одному критерию, при этом не являющемуся критическим, невысокий показатель, то он получит низкую оценку

$$I_{QoS} = x_1^{\omega_1} x_2^{\omega_2} \dots x_n^{\omega_n}, \quad (2.21)$$

где: x_i – частный показатель группировочного признака, ω_i – весовой коэффициент, присваиваемый экспертом частному показателю.

Для введения взаимосвязи между субъективными показателями качества восприятия и объективными параметрами качества услуг связи, выполнен ряд математических преобразований [59], в результате чего формула 2.21 примет вид

$$I_{QoS}(QoS) = K_1 y_1 + K_2 y_2 + \dots + K_n y_n \quad (2.22)$$

где: y_1 – длительность оповещения об изменении телефонного номера, y_2 – разборчивость речевого сообщения, определяемая потерей, задержкой, джитером и искажениями IP-пакетов; y_3 – время доступа к информации, y_4 – сложность доступа (известен факт изменения телефона у абонента), y_5 – качество передачи речи; $K_1 - K_n$ – коэффициенты веса.

Выводы по главе 2

1. Для определения необходимого количества аудиоинформационных устройств (АИУ), оповещающих абонентов об изменении телефонной нумерации, следует использовать подход, основанный на рекурсивной формуле Эрланга-В, обеспечивающий простоту реализации алгоритма и точность расчётов.

2. Выполненное развитие метода интегральной оценки качества услуг связи, основанное на восприятии пользователей, позволяет сформулировать требования к услуге «Информирование абонентов об изменении телефонной нумерации».

3. Применение формализованной модели «Абонент-ТфОП-Среда акустическая» обеспечивает учёт способов оповещения об изменении телефонной нумерации и параметров акустической среды при оценке качества восприятия услуг связи.

4. Элементом метода оценки качества восприятия (QoE) телефонных услуг связи, взаимосвязанной с объективными параметрами функционирования сетей (NP), является предложенный подход для определения коэффициента эффективных попыток вызовов.

5. Для интегральной оценки качества восприятия телефонных услуг связи, необходимо использовать предложенный алгоритм бинарной оценки факторов, учитывающий:

- влияние каналов связи, в том числе при передаче IP -пакетов;
- уровень акустических шумов; методы кодирования информации, применяемые на телефонных сетях и в аудиоинформационных устройствах.

Экспертная система оценки факторов влияния обеспечивает пользователю качественное предоставление услуги, опирающееся на действующие нормативные документы.

6. Увеличение сложности изменения телефонного номера, отличие его от привычного, вызывает увеличение трафика за счёт снижения коэффициента эффективных попыток вызова. Снижение трафика возможно путем регламентации длительности пауз в речи при передаче сложносоставных числительных.

Таким образом, развитие метода интегральной оценки качества восприятия телефонных услуг связи позволяет перейти к созданию имитационной модели, отражающей влияние основных параметров функционирования сетей (NP) на восприятие пользователей (QoE).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОСПРИЯТИЯ ТЕЛЕФОННЫХ УСЛУГ СВЯЗИ

3.1 Моделирование модифицированного метода оценки качества передачи речи

При разработке аудиоинформационных систем или комплексов с использованием новых методов кодирования или хранения информации неизбежно возникает вопрос качества проектируемого устройства и соответствия его параметров приложению, в котором предполагается функционирование создаваемой аппаратуры. Произвести оценку качества будущего оборудования позволяют как традиционные – субъективные, так и современные – инструментальные методы, предоставляющие возможность получить качественные показатели аппаратуры. *ITU-T P.800 - Mean Opinion Score (MOS)* – субъективная методика оценки качества речи; *ITU-T P.861- Perceptual Speech Quality Measure (PSQM)* – физически-акустическая модель математического сравнения входного и выходного сигнала; *ITU-T P.861- AppendixII, Measuring Normalizing Blocks (MNB)* – измерения нормализованными блоками; *ITU-T P.862 - Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ)* – оценка восприятия качества речи.

Для снижения затрат ресурсов при проведении оценочных «измерений» предлагается расширить спецификацию существующих методов (рисунок 3.1), применив методику, основанную на компиляции субъективных методов с использованием шкалы *MOS*, критерии оценки которой – «усилие при прослушивании» приведены – в таблице 3.1.



Рисунок 3.1. Методы оценки качества передачи речевого сигнала

В России для оценки качества используются [3, 21]. Существующие методы можно разделить на субъективные и объективные (инструментальные) [63]. Субъективные – трудоёмки и основаны на использовании человеческих ресурсов. Объективные – требуют применения дорогостоящего измерительного оборудования. Все перечисленные методы не позволяют быстро или эффективно получить результаты, особенно важные для небольших фирм, занимающихся проектированием аудиоинформационной аппаратуры. При применении аудиоинформатора переспросы и повторения недопустимы, так как информация в нём записана последовательно раз и навсегда и переспрашивать не у кого. Для введения режима переспроса может быть выработан стандарт, регламентирующий повторную передачу пропущенной (искажённой) информации при возникновении коллизий. При этом должно учитываться среднее время реакции аудитора на непонятый отрезок сообщения, перемотка назад и повторная передача пропущенного отрезка сообщения с учётом времени реакции оборудования. Такая реакция может быть вызвана не только плохим качеством аудиоинформационного оборудования, но и помехами в канале

связи и лингвистическими особенностями диктора и его уровнем развития. Для предотвращения коллизий, связанных с помехами и шумами в каналах связи, должен использоваться стандарт, принятый для осуществления возможности повторной передачи информации без осуществления повторного соединения, что особенно актуально для АТС старого типа (низкоскоростной импульсный способ набора номера) и мобильной связи (оплата за каждое исходящее соединение и снижение тарифа при каждой последующей минуте разговора) [64].

Таблица 3.1. Критерии оценки качества передачи речи для шкалы *MOS*

Оценка	Критерии выставяемой оценки
Отлично	Восприятие речи без малейшего напряжения внимания
Хорошо	Восприятие речи без затруднений
Удовлетворительно	Восприятие речи с некоторым напряжением внимания, без переспросов и повторений
Посредственно	Восприятие речи с некоторым напряжением внимания, с редкими переспросами и повторениями
Неудовлетворительно	Восприятие речи с большим напряжением внимания, с частыми переспросами и повторениями

Необходимость разработки метода вызвана недостатками существующих. Объективные имеют высокую стоимость оборудования. Метод парных сравнений не позволяет получить балльную оценку, а метод заданных категорий обладает следующими недостатками и погрешностями: большой разброс оценок; необходимость специальной тренировки наблюдателей. Показания нетренированных наблюдателей имеют большой разброс; повышенное требование к наблюдателям в отношении общего уровня развития; трудность установления границ категорий; погрешности «усреднения», когда наблюдатель избегает применения крайних оценок; в случае нескольких возбудителей оценки крайних приближаются к оценкам среднего по интенсивности возбудителя; погрешности «снисходительности», когда наблюдатель дает завышенные оценки – положительная «снисходительность» или заниженные оценки – отрицательная «снисходительность».

Кроме вышеперечисленных недостатков, существует специфика применения аудиоинформаторов на ГТС:

- потребители информации – неподготовленные слушатели;
- односторонняя передача информации;
- канал передачи является источником электропитания; отсутствие возможности проведения экспертиз в режиме реального времени.

Сутью предложенного метода является использование в качестве отсчётов шкалы методов кодирования информации с уже известными оценками, полученными в результате проведения большого количества экспертиз *ITU*. Предлагается, используя их в качестве эталонов отсчётов шкалы, произвести испытание сигнала методом парных сравнений и получить относительную балльную оценку. Некоторые методы кодирования информации с уже известными оценками [182, 183, 184, 185, 186], упорядоченные по возрастанию оценки *MOS*, которые могут быть использованы в качестве эталонных отсчётов шкалы, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Оценки некоторых методов кодирования информации по шкале *MOS*

Метод кодирования	Оценка
<i>G.729 x 3 Encodings</i>	2,68
<i>G.729 x 2 Encodings</i>	3,27
<i>G.728 LD-CELP</i>	3,61
<i>G.723.1 ACELP</i>	3,65
<i>G.729a CS-ACELP</i>	3,7
<i>G.726 ADPCM</i>	3,85
<i>G.723.1 MP-MLQ</i>	3,9
<i>G.729 CS-ACELP</i>	3,92
<i>G.711 PCM</i>	4,1

Графический метод, представленный на рисунке 3.2, наглядно демонстрирует получение относительной балльной оценки при применении метода экспресс-оценки [65].

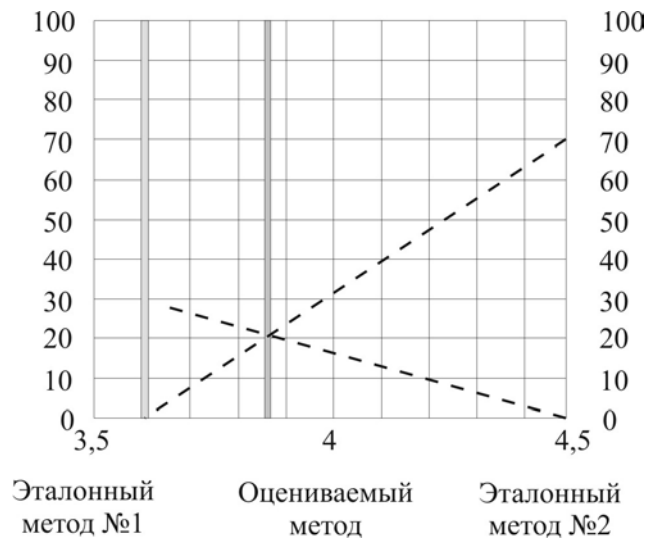


Рисунок 3.2. Иллюстрация метода относительной экспресс-оценки в общем случае
Аналитическое выражение для получения относительной балльной оценки

$$X_S = \frac{X_H + X_L}{2}, \quad (3.1)$$

где: X_S – искомая величина оцениваемого метода; X_H – полученная оценка оцениваемого метода путём сравнения с «правым» эталонным методом по шкале *MOS*; X_L – полученная оценка оцениваемого метода путём сравнения с «левым» эталонным методом по шкале *MOS*.

$$X_L = X_{L(omn.)} P_L. \quad (3.2)$$

$$X_H = \frac{X_{H(omn.)}}{P_H}, \quad (3.3)$$

где $X_{H(omn.)}$ – существующая оценка «правого» эталонного метода по шкале *MOS*; $X_{L(од.)}$ – существующая оценка «левого» эталонного метода по шкале *MOS*; P_H – коэффициент предпочтения «правого» эталонного метода над испытуемым (полученный методом парных оценок); P_L –

коэффициент предпочтения испытуемого метода над «левым» эталонным (полученный методом парных оценок). Выполнив подстановку в формулу (3.1) выражений из (3.2), (3.3), получим:

$$X_S = \frac{\frac{X_{H(omn.)}}{P_H} + X_{L(omn.)}P_L}{2}, \quad (3.4)$$

где: N – число проведённых экспертиз,

$$P_H = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{Hi}. \quad (3.5)$$

$$P_L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{Li}. \quad (3.6)$$

Подставив выражения (3.5), (3.6) в формулу (3.4), имеем конечную формулу для получения относительной балльной оценки методом парных сравнений с использованием оценок *MOS* в качестве шкалы:

$$X_S = \frac{NX_{H(omn.)}}{2 \sum_{i=1}^N P_{Hi}} + \frac{X_{L(omn.)}}{2N} \sum_{i=1}^N P_{Li}. \quad (3.7)$$

Предложенный метод позволяет производить предварительную оценку оборудования на этапе разработки; получить относительную балльную оценку, используя неподготовленных аудиторов (экспертами являются рядовые слушатели – большинство потребителей услуг связи); уменьшить затраты на разработку новой аппаратуры [66].

3.2 Разработка критериев для моделирования метода оценки качества восприятия телефонных услуг связи

В понятие качество восприятия телефонных услуг связи включены объективные параметры и субъективные показатели. «Приоритетный» показатель качества восприятия телефонных услуг связи *Quality of Experience* $K_{то}$ является определяющим в системе групповых показателей. Этому показателю присваивается «вес», равный сумме «весов» групповых показателей. Формула для определения качества восприятия телефонных услуг связи *Quality of Experience* представляет собой мультипликативную модель:

$$K_{то} = x_1^{\omega_1} x_2^{\omega_2} \dots x_n^{\omega_n}, \quad (3.8)$$

где x_i – частный показатель группировочного признака, ω_i – весовой коэффициент присваиваемый частному показателю. Ему соответствует линеаризованное уравнение, получаемое путем логарифмирования:

$$\lg K_{то} = \omega_1 \lg x_1 + \omega_2 \lg x_2 + \dots + \omega_n \lg x_n. \quad (3.9)$$

В силу формулы 3.9 предлагается следующий алгоритм расчета весовых коэффициентов корреляционно-регрессионным способом:

- логарифмируются значения частных показателей групповых признаков

$$y_i = \lg x_i, \quad i = 1, \dots, n, . ;$$

- составляется уравнение линейной регрессии по логарифмированным данным

$$K_{\text{то}} = b_1 y_1 + b_2 y_2 + \dots + b_n y_n, \quad (3.10)$$

где b_i – коэффициент регрессии;

- коэффициенты регрессии b_i подвергаются процедуре стандартизации по формуле:

$$\beta_i = b_i \frac{\sigma_{x_i}}{\sigma_r}, \quad (3.11)$$

где β_i – стандартизированный коэффициент регрессии; σ_{x_i} – среднее квадратическое отклонение независимой величины x_i ; σ_r – среднее квадратическое отклонение результативного показателя K ;

- возводятся стандартизированные коэффициенты регрессии β_i в квадрат. Полученная величина служит долей вариации оцениваемого показателя $K_{\text{то}}$ за счет изолированного влияния вариации независимого показателя x_i ;

- нормируются, исходя из условия $\sum_{i=1}^n \omega_i = 0,5$, полученные возведенные в квадрат стандартизированные коэффициенты регрессии β_i :

$$\omega_i = 0,5 \frac{\beta_i^2}{\sum_{i=1}^n \beta_i^2};$$

- присваивается каждому групповому признаку x_i соответствующий весовой коэффициент ω_i .

Таким же образом определяются весовые коэффициенты по каждой группе показателей. Следует заметить, что в процессе присвоения весовых коэффициентов корреляционно-регрессионным способом может сложиться ситуация, когда важный, с практической точки зрения (или по мнению экспертов) для оценки качества восприятия телефонных услуг связи, показатель будет исключен из окончательного уравнения регрессии. В этом случае используется экспертно-регрессионный метод определения весовых коэффициентов.

Пусть ω_i – весовые коэффициенты, соответствующие частным показателям x_i , где $i = 1, \dots, n$, установленные с помощью корреляционно-регрессионного анализа. В случае, когда, по мнению экспертов, из уравнения регрессии выпал важный показатель x_{n+1} , эксперты присваивают показателям $x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}$ соответственно весовые коэффициенты

$\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n, \gamma_{n+1}$, причем $\sum_{i=1}^{n+1} \gamma_i = 1$. Затем находятся средние весовые коэффициенты между

весовыми коэффициентами, найденными корреляционно-регрессионным и экспертным способами. Так как сумма весовых коэффициентов составляющих группового признака при мультипликативной схеме оценки должна быть равна единице, то сумма весовых коэффициентов, присвоенных обоими способами всей системе ранжирования, будет равна двум. Для того чтобы окончательная сумма весовых коэффициентов составляла 1, каждую сумму весовых коэффициентов

ентов, присвоенных i -му признаку двумя способами, а также одиночные весовые коэффициенты, делятся на 2. Очевидно, что при этом выполняется следующее условие:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i + \gamma_i) + \gamma_{i+1}}{2} = 2 / 2 = 1.$$

В том случае, когда невозможно использование приведенных выше способов, применяется экспертный способ присвоения весовых коэффициентов. Эксперт проставляет каждому групповому признаку соответствующий балл. Затем определяется сумма баллов, проставленных экспертом (таблица 3.3).

Таблица 3.3. Определение нормированных баллов

Признаки	Баллы	Нормированные баллы
x_1	b_1	$b_1 / \sum b = \alpha_1$
x_2	b_2	$b_2 / \sum b = \alpha_2$
Итого:	$\sum b_i$	1

Так как ранжирование информации в данном методе происходит в основном с использованием средней геометрической, то весовые коэффициенты, составляющие рейтинга, присваиваются в виде степени, и при этом должно быть выполнено условие $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$.

Для получения нормированного балла необходимо балл, проставленный i -му показателю, разделить на сумму баллов, присвоенных экспертами j -ым показателям всей совокупности групповых признаков. Затем находится средний балл по каждому признаку методом средней арифметической путем деления суммы баллов, выставленных i -му признаку группой экспертов, на количество экспертов, принимающих участие в оценке, т. е.

$$\omega_i = \frac{\sum \alpha_{ij}}{n}, \quad (3.12)$$

где α_{ij} – балл, выставленный j -м экспертом i -му признаку; n – количество экспертов, участвующих в оценке значимости признака.

Средний балл, выставленный i -му признаку, является весовым коэффициентом данного признака в мультипликативной модели рейтинга. Описанная модель дает возможность на основе систематической, полной и своевременной информации о происходящих процессах выявить приоритетный групповой признак качества восприятия телефонных услуг связи, способствуя оценке принимаемых решений на определенный период времени. В результате уточнения коэффициентов в формуле 3.9, определяющих качество восприятия телефонных услуг связи, была получена следующая формула

$$K_{\text{то}} = 0,3y_1 + 0,25y_2 + 0,2y_3 + 0,15y_4 + 0,1y_5, \quad (3.13)$$

где $K_{\text{то}}$ – качество восприятия телефонных услуг связи; y_1 – полнота и бесперебойность информации; y_2 – разборчивость речевого сообщения; y_3 – время доступа к информации; y_4 – простота доступа; y_5 – качество передачи речи (коэффициенты получены экспертно-регрессионным методом).

В таблице 3.4 приведены критерии качества восприятия телефонных услуг связи и их коэффициенты.

Таблица 3.4. Критерии качества восприятия телефонных услуг связи и их коэффициенты

Фактор	Коэффициенты	Критерий выставления оценки				
		20	40	60	80	100
Длительность установки АИУ после изменения телефонного номера (месяцы)	$0,3 Y_1$	Не установлено	3	6	12	До передачи номера другому абоненту
Слоговая разборчивость	$0,25 Y_2$	< 25	25 – 40	40 – 56	56 – 80	80 – 100
Доступ к информации, с	$0,2 Y_3$	> 60	45 – 60	30 – 45	15 – 30	<15
Простота доступа. Известен факт изменения телефонного номера вызываемого абонента	$0,15 Y_4$	Из зоны в зону, изменены номера АТС и абонента	Из зоны в зону, изменён номер АТС	Из зоны в зону, номер абонента не изменён	Внутри зоны, изменён номер	Внутри зоны, номер не изменён
Качество сообщения	$0,1 Y_5$	< 1,7	1,7 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 4,0	4,0 – 5,0

Как следует из таблицы 3.4, теоретически: – максимально достижимый показатель качества восприятия телефонных услуг связи

$$Y_1 = Y_2 = Y_3 = Y_4 = Y_5 = 100; \quad (3.14)$$

– минимальный показатель качества восприятия телефонных услуг связи

$$Y_1 = Y_2 = Y_3 = Y_4 = Y_5 = 20. \quad (3.15)$$

Таким образом, показатель качества восприятия телефонных услуг связи лежит в диапазоне

$$20 < K_{\text{то}} < 100. \quad (3.16)$$

Максимально достижимый на практике показатель качества восприятия телефонных услуг связи

$$Y_1 = 40, Y_2 = 60, Y_3 = 80, Y_4 = 60, Y_5 = 80;$$

$$K_{\text{то}} = 0,3 \cdot 40 + 0,25 \cdot 60 + 0,2 \cdot 80 + 0,15 \cdot 60 + 0,1 \cdot 80 = 60. \quad (3.17)$$

Минимальный показатель качества восприятия телефонных услуг связи, при котором возможно осуществление телефонного общения

$$Y_1 = 20, Y_2 = 40, Y_3 = 40, Y_4 = 20, Y_5 = 60;$$

$$K_{\text{то}} = 0,3 \cdot 20 + 0,25 \cdot 40 + 0,2 \cdot 40 + 0,15 \cdot 20 + 0,1 \cdot 60 = 33. \quad (3.18)$$

Таким образом, практически достижимый показатель качества восприятия телефонных услуг связи будет лежать в диапазоне

$$33 < K_{\text{то}} < 60. \quad (3.19)$$

Из существующих аспектов АИУ были выделены основные: методы кодирования, запоминающие устройства, каналы передачи информации и электропитание, которым и было уделено особое внимание в диссертации.

Применение АИУ с электропитание посредством абонентских линий актуально при:

- наличии у абонента терминала – проводного телефонного аппарата – позволит оператору передавать информационные сообщения, а абоненту бесперебойно их получать;
- использовании АИУ непосредственно у абонента позволит ему бесперебойно участвовать в аудиоинформационном обмене;
- использовании в местах скопления материальных и духовных ценностей, где актуальна проблема высокой пожарной безопасности экспонатов;
- установке их в организациях и фирмах, осуществляющих аренду помещений с ограничением подачи силового электропитания;
- обеспечении индивидуальных переключений, номеров в кроссах АТС, где недопустимо применение сети электропитания 220 В, когда часть абонентов выпадает из типовой схемы переключения.

3.3 Использование фактора задержки передачи информации для оценки качества восприятия телефонных услуг связи

3.3.1 Порог восприятия запаздывающих акустических сигналов (эхо-сигналов)

Дополнительным ненормированным характеристикам акустических сигналов, связанных с негативным воздействием на человека, посвящена работа [73]. Запаздывающие акустические сигналы (эхо-сигналы) представляют для (телефонного общения) человека определённую опасность, связанную с потерей разборчивости речевых сообщений. Это связано с временными свойствами слуха. Такое явление часто встречается при использовании радиоудлинителя или при прослушивании речевых сообщений в помещениях, где возможен приход к человеку отраженных от стен звуковых сигналов. На рисунке 3.8 приведена зависимость между требуемой разностью уровней прямого и запаздывающего (отраженного) звуков и временем запаздывания отраженного звука [74].

Проанализируем временные характеристики слуха, а именно величины:

- слухового впечатления, равную 150 – 200 мс;
- порога слышимости тональных импульсов длительностью более 200 мс, такая же, как порог слышимости непрерывного тона. Для длительности импульсов t менее 200 мс порог слышимости зависит от отношения длительности импульса к 200 мс и определяется выражением $I_{\text{п.с.}} = (I_{\text{имп}}) 200/t$. Это выражение справедливо и для узкополосных шумовых импульсов;
- для широкополосных шумовых импульсов граничная длительность импульса составляет только 50 мс, т. е. шумовые импульсы длительностью более 50 мс воспринимаются так же, как и непрерывный шум;

- громкость импульса длительностью менее 100 мс определяется произведением интенсивности импульса на его длительность, причем граничной является частота 100 Гц;
- при временных задержках свыше 50 мс наличие запаздывающего сигнала, одинакового по уровню с основным сигналом, ощущается как появление помехи в виде эха. При задержке 15 – 20 мс задержанный сигнал должен быть повышен по уровню на 11 дБ, чтобы оба сигнала воспринимались отдельно;
- минимальный перепад уровней звука, который ощущает человек, $\Delta L = 1$ дБ;
- усреднённое время задержки повторного сигнала (эхо-сигнала), воспринимаемого человеком, порядка 50 мс.

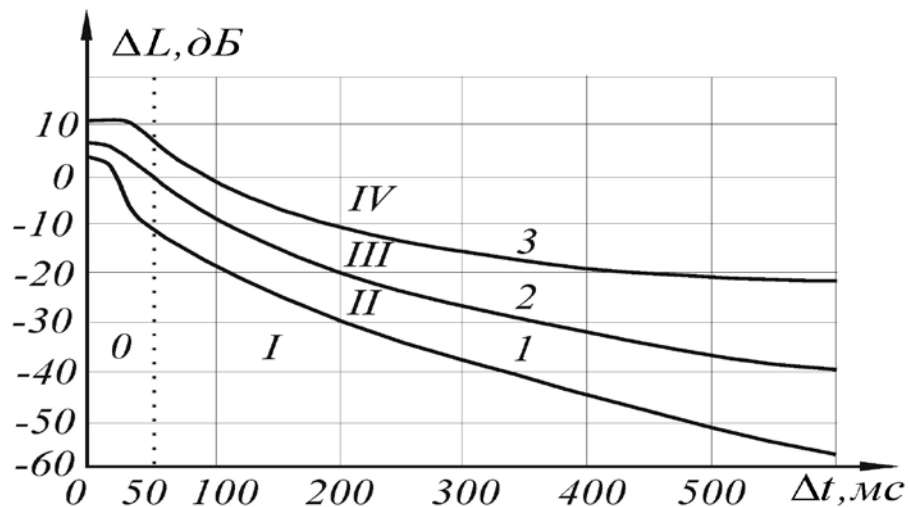


Рисунок 3.8. Зависимость между требуемой разностью уровней прямого и запаздывающего (отраженного) звуков и временем запаздывания отраженного звука: кривые 1 – граница слышимости эха, 2 – граница заметности эха; 3 – граница мешающего действия эха; зоны: 0 – слитное восприятие звуков; I – эхо неслышимо; II – эхо прослушивается; III – эхо заметно, но не мешает восприятию речи; IV – эхо снижает разборчивость речи

В результате анализа восприятия человеком различных звуковых раздражителей (речи, импульсов), действующих на человека с временной задержкой, можно предложить нулевой дифференциальный порог [75] по восприятию запаздывающих акустических сигналов $\Pi_{\text{зап}0}$.

$$\Pi_{\text{зап}0} = \Delta L / \Theta_{\text{зап}}, \quad (3.24)$$

где ΔL – минимальный перепад уровней звука, который ощущает человек, $\Delta L = 1$ дБ, $\Theta_{\text{зап}}$ – усредненная длительность задержки эхо-сигнала, ощущаемая человеком, $\Theta_{\text{зап}} = 50$ мс. Тогда $\Pi_{\text{зап}0} = 20$ дБ/с.

В соответствии с [76] акустические сигналы и шумы по временным характеристикам подразделяются на:

- постоянный, уровень которого за 8-ми часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА;
- непостоянный, уровень которого за 8-ми часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА. Непостоянный шум, в свою очередь, подразделяется на: колеблющийся во времени, прерывистый, импульсный.

Повторяющиеся акустические речевые сигналы (основной и эхо) можно отнести к непостоянным акустическим сигналам, воздействие которых на человека гораздо опаснее, чем воздействие постоянных акустических сигналов и шумов. Для оценки непостоянного шума используется относительная доза шума [77] или эквивалентный уровень громкости $L_{\text{экв}}$. Величина $L_{\text{экв}}$ определяется (рассчитывается) на основании измерения уровней громкости в дБА в течение наиболее шумного получаса. Эквивалентный уровень громкости рассчитывается по формуле [76]:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left[\frac{1}{100} \left(\sum_{i=1}^n f_i \cdot 10^{0,1L_i} \right) \right], \quad (3.25)$$

где: L_i – средний уровень громкости звука класса i в дБА, измеряемый шумомером; f_i – время воздействия шума класса i в процентах от общего времени измерения. Если шум имеет непостоянный характер, то его рассчитывают по формуле:

$$L_{\text{уеа}} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T_B} \sum_{j=1}^m t_j \left[10^{0,1[L_{m,j} + \Delta_{\text{зап}}]} \right] \right\} \text{ (дБА)}, \quad (3.26)$$

где: $L_{\text{экв}}$ – эквивалентный уровень, дБА, т. е. уровень постоянного шума в регламентируемый промежуток времени T_B , воздействие которого соответствует воздействию фактического шума с переменным уровнем, измеренным по характеристике А; T_B – регламентируемый промежуток времени, т. е. время усреднения; t_j – продолжительность воздействия j отрезка времени, т. е. отрезок регламентируемого промежутка времени T_B , на котором определен усредненный уровень шума $L_{m,j}$; $\Delta_{\text{зап}}$ – поправка на запаздывающий сигнал (эхо-сигнал); m – количество отрезков времени. Введённая величина поправки $\Delta_{\text{зап}}$ принимается равной 5 дБА, что равносильно тому, что измеренные уровни звукового давления акустических сигналов (основных и эхо) надо увеличить на 5 дБ [78].

3.3.2 Способ реализации задержки интерактивного оповещения

Реализация предложенного способа задержки интерактивного оповещения (вещания) позволяет снизить поток некорректной информации при проведении прямого эфира. Работники студий знают о сложностях подготовки и проведения интервью и телеконференций. Ответственность за качество вещания распределяется между техническим персоналом, обеспечивающим оснащение студии, и ведущим программы. Радиостудии, как и любые технические комплексы, различаются классом оборудования, а также набором доступных функций. Эти факторы определяют класс радиостудии в целом. В ряду технологий, обеспечивающих устойчивое положение и популярность на высококонкурентном рынке теле- и радиовещания, одно из самых важных мест занимает непосредственное общение с аудиторией при вещании.

Независимо от того, к какой категории относится радиостудия, существуют общие принципы, на которых строится любая радиостудия. Студия вещания состоит из эфирного микшерного пульта, компьютерной станции, источников сигнала (*CD*, *DAT*, микрофоны, телефонные гибриды и т. д.), приборов обработки (эквалайзеры, компрессоры, лимитеры, экспандеры, гейты, энхансеры, их всевозможные комбинации). Пульт для вещания имеет интерфейсы

дистанционного управления внешними устройствами, переговорное устройство для связи с дикторской комнатой, возможность автоматического отключения мониторной линии при включении микрофона, световую индикацию вещания и телефонный интерфейс для обеспечения интерактивного общения со слушателями и предназначенный для согласования входа/выхода микшера с телефонной линией по уровню, сопротивлению и частотному диапазону [79].

Они обеспечивают вещание через микшерный пульта или запись сигналов с телефонной линии, например, звонков радиослушателей или информации и репортажей от корреспондентов, а также передачу в телефонную линию звукового сигнала с микшерного пульта, например, голоса диктора при вещании. Кроме того, изделие эффективно подавляет нежелательную акустическую обратную связь – эхо-сигналы, являющиеся результатом отражения от телефонной линии (Эхо-ТЛФ), и акустических эхо-сигналов (Эхо-А), возникающих при работе на открытые динамики. Схема, представленная на рисунке 3.9, демонстрирует проблемы, возникающие при работе с телефонным абонентом при вещании [80].

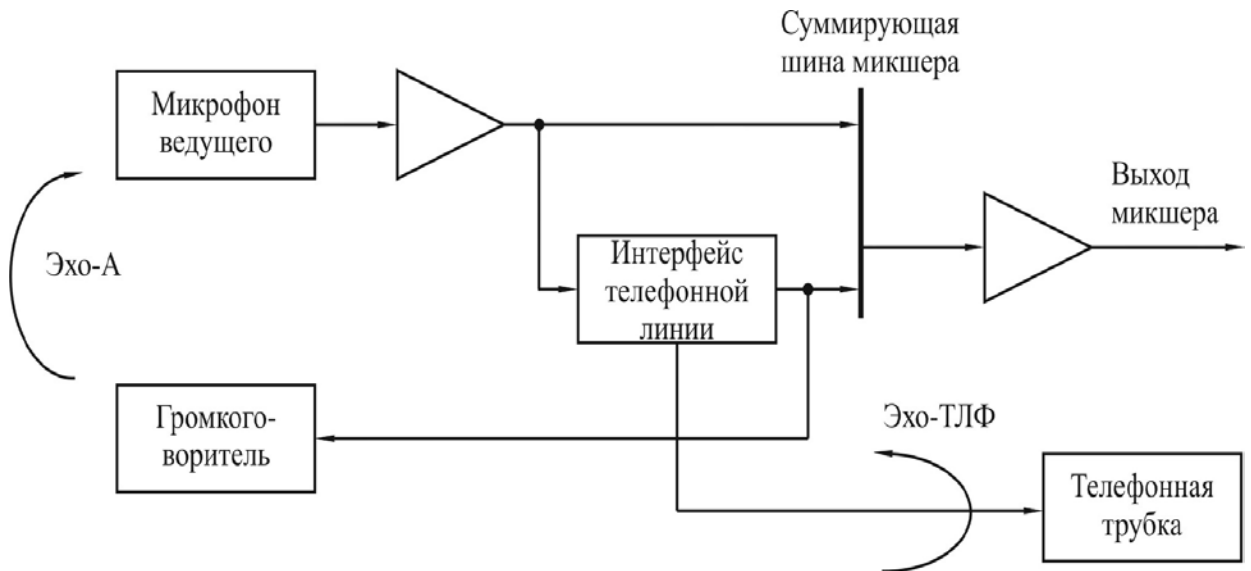


Рисунок 3.9. Технические проблемы телефонных абонентов

Уровень подавления нежелательных эхо-сигналов в аналоговых устройствах, как правило, недостаточно высокий. С развитием цифровых технологий обработки сигналов на рынке появились цифровые приборы с качественно лучшими характеристиками. Все перечисленные возможности телефонных интерфейсов относятся к качеству передачи сигнала и не учитывают содержимое информации, которая может носить ненормативный характер или быть недостоверной. Не допустить передачу при организации вещания некорректной, в любом аспекте, информации возможно за счёт применения технических средств, предоставляющих возможность «поймать вылетевшее слово, которое, как известно, не воробей». Вернуться в прошлое и его исправить невозможно, но предоставить время ведущему на раздумье возможно при помощи устройства задержки интерактивного вещания (**УЗИВ**), без которого на радиослушателей может неожиданно обрушиться лавина ненормированной с точки зрения лексики и эмоционального содержания негативной или недостоверной информации. Для предотвращения засорения вещательной среды предлагается техническая реализация аудиоинформационного устройства,

коммутирующегося между телефонным гибридом и пультом вещания, параметры которого представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6. Параметры аудиоинформационного устройства

Технический параметр	Значение
Источник питания, В	от АЛ 60 или 48
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот 300 – 3400 Гц относительно 1000 Гц (не более), дБ	1
Отношение С/Ш (не менее), дБ	42
Коэффициент гармоник (не более), %	1%
Регулировка задержки звука, с	0,5 – 2,5
Погрешность установки задержки звука (не более), %	+/- 1

Предлагаемый способ реализации задержки речевого сигнала заключается в синхронном функционировании двух накопителей информации в диаметрально противоположных режимах. Если первый накопитель находится в режиме записи речевого сигнала, то второй воспроизводит записанную информацию. Одновременно, изменяя размер адресов ячеек используемых для записи-воспроизведения информации, возможно регулировать время задержки речевого сигнала. Сигнал SS в виде логического нуля одновременно подаётся на выходы двух микросхем многоуровневой *flash*-памяти, переводя интерфейс *SPI* в режим готовности к восприятию сигналов управления, поступающих на информационные входы. На объединённые входы данных *MISO* подаются сигналы, определяющие режим функционирования накопителя и стробируются тактовыми импульсами, поступающими на тактовый вход *SCLK* той микросхемы, для которой передаются данные. По завершению процедуры передачи информации на один информационный вход та же процедура повторяется для второй микросхемы многоуровневой *flash*-памяти. После окончания передачи данных в оба накопителя на вход SS подаётся логическая единица, приводящая к исполнению принятой команды. После окончания цикла, определяемого числом записанных ячеек памяти – временем задержки сигнала, цикл повторяется, но уже с изменёнными на диаметрально противоположный режим функционирования. Минимальная длительность задержки определяется временем записи-воспроизведения строки матрицы многоуровневой *flash*-памяти. Для примера: матрица *ISD4004-8M* состоит из 3840000 ячеек, организована в виде 1600 строк и 2400 столбцов. При этом время записи речевого сигнала 8 минут, в соответствии с (3.27), минимальная длительность задержки будет составлять 0,2 с.

$$\tau_{\text{стр.}} = T_{\text{mflash}} N_{\text{яч.стр.}} / N_{\text{яч.общее}} \quad (3.27)$$

где $\tau_{\text{стр.}}$ – длительность звучания строки многоуровневой *flash*-памяти, $N_{\text{яч.стр.}}$ – число ячеек в строке, $N_{\text{яч.общее}}$ – общее число ячеек в многоуровневой *flash*-памяти.

Алгоритм функционирования [36] предлагаемого устройства представлен на рисунке 3.10. Включение электропитания УЗИВ вызывает подпрограмму начальной инициализации микроконтроллера. Производится загрузка заводских установок (при первом включении) или параметров предыдущего сеанса работы, по окончании которой посредством последовательного интерфейса *SPI* осуществляется передача команды «включение питания» микросхемы многоуровневой *flash*-памяти.

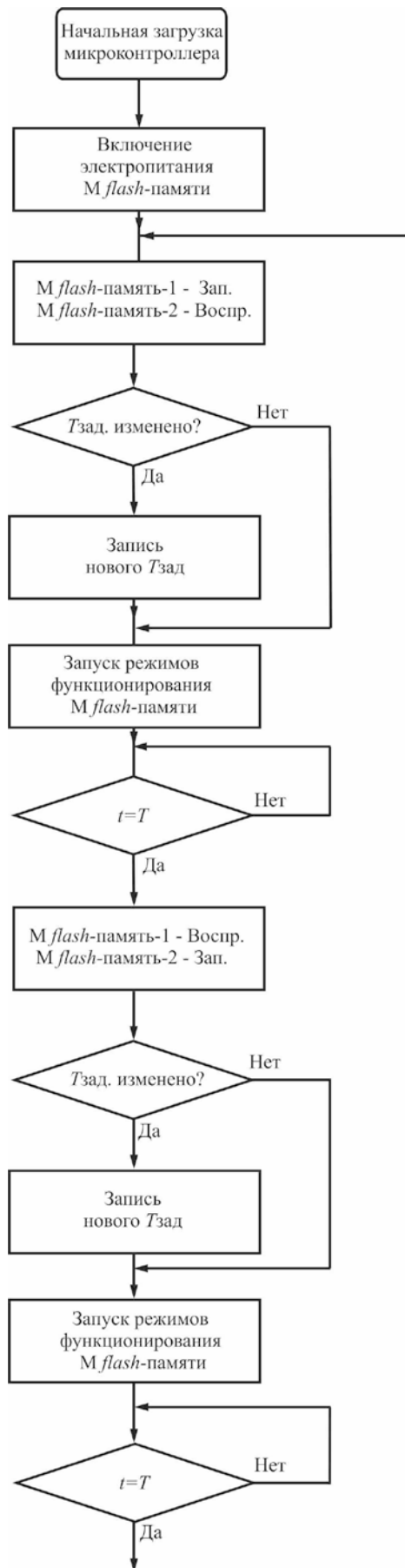


Рисунок 3.10. Алгоритм сигналов управления УЗИВ микросхемы многоуровневой *flash*-памяти

Принципиальная схема [36] предлагаемого устройства приведена на рисунке 3.11.

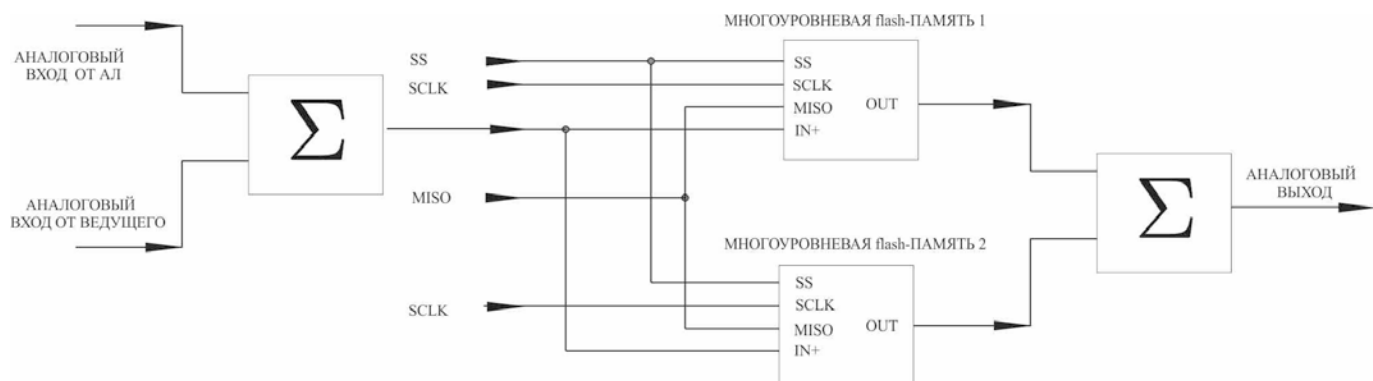


Рисунок 3.11. Принципиальная схема аудиоинформационного устройства УЗИВ

Переход из режима пониженного энергопотребления в рабочее состояние осуществляется в течении 50 мс. Далее анализируется состояние бита, отвечающего за переключение режимов функционирования многоуровневой *flash*-памяти, и выполняется их соответствующая инициализация. При достижении таймером установленного времени задержки с шагом 0,2 с изменяется состояние бита выбора режима функционирования многоуровневой *flash*-памяти и цикл повторяется [81].

Метод, использованный для реализации задержки интерактивного вещания, может быть применён для повышения качества обслуживания абонентов с нарушениями речеобразующего аппарата. В приложении П. 3 представлены рассмотренные способы и разработанные средства повышения качества обслуживания абонентов с нарушениями речеобразующего аппарата.

3.4 Моделирование функционирования аудиоинформационного устройства с электропитанием посредством произвольной абонентской линии

3.4.1 Выявление аппроксимирующей функции распределения токов потребления аудиоинформационных устройств

Оценка результатов измерения токов потребления более четырёхсот образцов АИУ с электропитанием посредством абонентских линий, показали наличие отклонений в энергопотреблении (приложение 2). Результаты измерений в соответствии с [86] разгруппированы на 10 разрядов

$$k = 1 + 3,21 \lg n. \quad (3.28)$$

Величина разряда группирования определяется по формуле

$$L = \frac{i_{max} - i_{min}}{k} = \frac{i_{max} - i_{min}}{1 + 3,21 \lg n}, \quad (3.29)$$

где i_{max} , i_{min} – наибольшее и наименьшее значения случайной величины, n – общее число наблюдений, k – количество разрядов, L – шаг разряда.

Значения измеренных токов энергопотребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий объединены в разряды и подсчитано их количество в каждом разряде – частота

разряда. Определено их относительное количество – частота разряда и порядок, в котором частоты распределились по разрядам – распределение численности признака или статистического ряда.

Вычислены средние значения, первый $\overline{i_m P_m^*}$ и второй $\overline{i_m^2 P_m^*}$ – начальные моменты в разрядах. Для удобства дальнейшей обработки все результаты промежуточных расчётов сведены в таблице 3.7, где $i_m \div i_{m+1}$ – границы разряда; $P_m^* = \frac{j_m}{\sum_{m=1}^k j_m}$ – частота; i_m – количество значений

случайной величины в разряде m .

Рассчитано математическое ожидание токов потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий:

$$M(i) = \sum_{m=1}^k \overline{i_m P_m^*} = 28,57, \quad (3.30)$$

где $\overline{i_m}$ – среднее значение разряда m .

Для определения дисперсии необходимо предварительно найти второй начальный момент случайной величины:

$$M(i^2) = \sum_{m=1}^k \overline{i_m^2 P_m^*} = 820. \quad (3.31)$$

Таблица 3.7. Результаты промежуточных расчётов

Номер разряда, m	Границы разрядов, $i_m \div i_{m+1}$	Число интервалов в разряде, j_m	Частота, $P_m^* = \frac{j_m}{\sum_{m=1}^k j_m}$	Среднее значение в разряде, $\overline{i_m}$	Первый начальный момент (математическое ожидание) в разряде, $\overline{i_m P_m^*}$	Второй начальный момент в разряде, $\overline{i_m^2 P_m^*}$
1	24 – 25	2	0,02	24,5	0,49	12,01
2	25 – 26	7	0,07	25,5	1,79	45,52
3	26 – 27	13	0,13	26,5	3,45	91,29
4	27 – 28	18	0,18	27,5	4,95	136,13
5	28 – 29	20	0,20	28,5	5,70	162,45
6	29 – 30	18	0,18	29,5	5,31	156,65
7	30 – 31	10	0,10	30,5	3,05	93,03
8	31 – 32	8	0,08	31,5	2,52	79,38
9	32 – 33	2	0,02	32,5	0,65	21,13
10	33 – 34	2	0,02	33,5	0,67	22,45
Итого		$\sum_{m=1}^k j_m = 100$	$\sum_{m=1}^k P_m^* = 1$			

Вычислена дисперсия токов потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий:

$$D(i) = M(i^2) - (M(i))^2 = 820 - 816,24 = 3,76. \quad (3.32)$$

Найдено среднее квадратическое отклонение токов потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий:

$$\sigma_i = \sqrt{D(i)} = \sqrt{3,76} = 1,94. \quad (3.33)$$

Рассчитан коэффициент вариации – относительная мера рассеивания токов потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий от среднего значения:

$$\nu(i) = \frac{\sigma_i}{M(i)} = 1,94 / 28,57 = 0,068. \quad (3.34)$$

Построено графическое изображение статистического ряда по горизонтальной оси отложены значения токов потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий и на каждом из них построен прямоугольник, площадь которого равна частоте разряда.

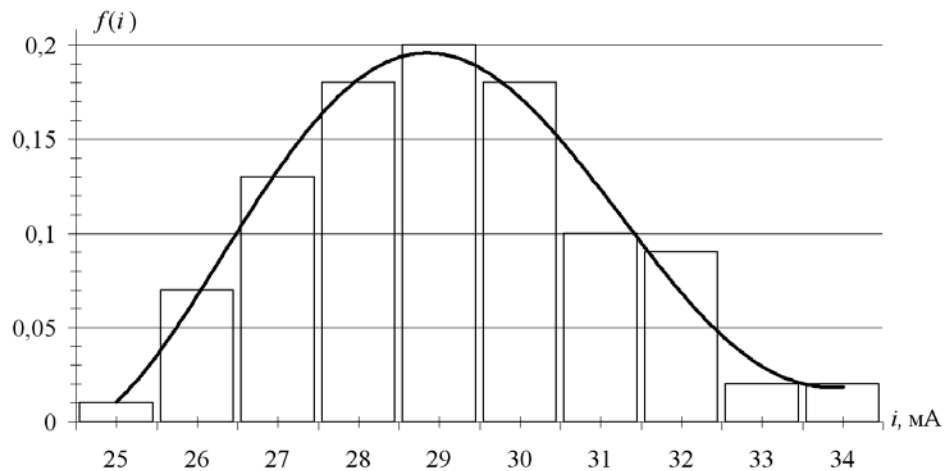


Рисунок 3.12. Эмпирическая функция токов потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий

Внешний вид эмпирической функции (рисунок 3.12) наиболее близок к нормальному закону распределения случайной величины. Произвести оценку степени близости статистического и теоретического распределений позволяют несколько критериев. Один из наиболее часто применяемых критериев согласия – критерий К. Пирсона (критерий «хи-квадрат» χ^2).

Последовательность применения критерия χ^2 к оценке согласованности теоретического и статистического распределений следующая: определяются числовые характеристики эмпирического распределения; по их значениям и внешнему виду гистограммы распределения выдвигается гипотеза о возможности замены статистического распределения $f^*(i)$ – теоретическим $f(i)$; по формуле (3.35) находится мера расхождения $\chi^2_{набл}$; определяется число степеней свободы r ; в таблице 5 из [87] по вычисленным r и $\chi^2_{набл}$ находится значение вероятности, которая показывает, с какой вероятностью практически полученное и вычисленное по формуле (3.35) $\chi^2_{набл}$ не превысит табличного значения χ^2 . Критерий согласия χ^2 служит для проверки гипотезы о соответствии (согласованности) теоретического и статистического распределений, исходя из расхождений между теоретическими вероятностями P_m и относительными частотами P_m^* . Вычисляется наблюдаемое значение критерия:

$$\chi^2_{набл.} = \sum_{m=1}^k \frac{(j_m - nP_m)^2}{nP_m} = \sum_{m=1}^k \frac{(P_m^* n - nP_m)^2}{nP_m}, \tag{3.35}$$

где $j_m = P_m^* \cdot n$ – число значений случайной величины в разряде; n – количество наблюдений; P_m – теоретическая вероятность принимается в соответствии с нормальным законом распределения случайной величины по расчётным формулам (3.36). Теоретическая вероятность P_m разрядов определённой величины в их общей совокупности равна:

$$P_m = F(t_m) - F(t_{m-1}), \tag{3.36}$$

где $F(t_m)$ и $F(t_{m-1})$ – функция закона распределения, для нормального закона распределения можно использовать табличные значения интеграла Лапласа [87].

$$\chi^2_{набл.} = \sum_{m=1}^k \frac{(P_m^* n - nP_m)^2}{nP_m} = \sum_{m=1}^{10} \frac{\left(P_m^* n - n \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(i-M(i))^2}{2\sigma_i^2}} \right)^2}{n \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(i-M(i))^2}{2\sigma_i^2}}}. \tag{3.37}$$

Подставив в (3.37) значения математического ожидания и дисперсии, получается

$$\chi^2_{набл.} = \sum_{m=1}^{10} \frac{\left(P_m^* 100 - 100 \frac{1}{1,94\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(i-28,57)^2}{2 \cdot 1,94^2}} \right)^2}{100 \frac{1}{1,94\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(i-28,57)^2}{2 \cdot 1,94^2}}}. \tag{3.38}$$

Используя программу *MathCad*, вычислены значения меры расхождения в виде суммы квадратов относительных отклонений.

$\frac{\left[0,02 \cdot 100 - 100 \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{24}^{25} e^{-\frac{(x-M)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx \right]^2}{100 \cdot \left[\frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{24}^{25} e^{-\frac{(x-M)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx \right]^2} = 0,056$	<p>•••</p>	$\frac{\left[0,02 \cdot 100 - 100 \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{33}^{34} e^{-\frac{(x-M)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx \right]^2}{100 \cdot \left[\frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{33}^{34} e^{-\frac{(x-M)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx \right]^2} = 1,491$
--	------------	--

Распределение χ^2 зависит от параметра r , называемого числом степеней свободы распределения и равного разности между числом разрядов и числом независимых условий (связей), наложенных на частоты P_m^* :

$$r = k - s, \tag{3.39}$$

где k – число разрядов, на которое разбивается общее число наблюдений; s – число наложенных связей (число параметров предполагаемого теоретического закона распределения). Число наложенных связей для нормального закона распределения случайной величины равно трём

($P_m^* = 1$ – сумма частот всех разрядов, $M(i)$ – математическое ожидание и σ_i – среднее квадратическое отклонение): $r = 10 - 3 = 7$.

$$\chi^2_{набл.} = 0,056 + 0,175 + 0,155 + 0,013 + 0,005 + 0,002 + 0,513 + 0,267 + 0,197 + 1,491 = 2,874.$$

По таблице 5 из [87] определена вероятность совпадения теоретического и практического распределений для $\chi^2 = 2,874$ и $r = 7$. Поскольку дробного значения в таблицах вероятностей для критерия χ^2 не существует, округлим его. При $\chi^2 = 3$ и $r = 7$ $P = 0,8850$, что свидетельствует о достаточно высоком правдоподобии выдвинутой гипотезы.

Следовательно, закон распределения токов энергопотребления в АИУ с электропитанием посредством абонентских линий является нормальным. Значит, функция плотности нормального закона распределения токов потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий имеет следующий вид:

$$f(i) = \frac{1}{1,94 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-28,57)^2}{2 \cdot 1,94^2}}. \quad (3.40)$$

3.4.2 Модель распределения токов абонентских линий

Для создания математической модели была получена усредненная функция распределения вероятности токов (рисунок 3.13). Значения функции в реперных точках представлены в таблице 3.8. По внешнему виду полученная кривая наиболее близка к нормальному закону распределения. Общий вид функции нормального закона распределения вероятности токов, обеспечиваемых посредством АЛ

$$F(i) = \frac{1}{\sigma_i \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^i e^{-\frac{(i-M(i))^2}{2 \cdot \sigma_i^2}} di. \quad (3.41)$$

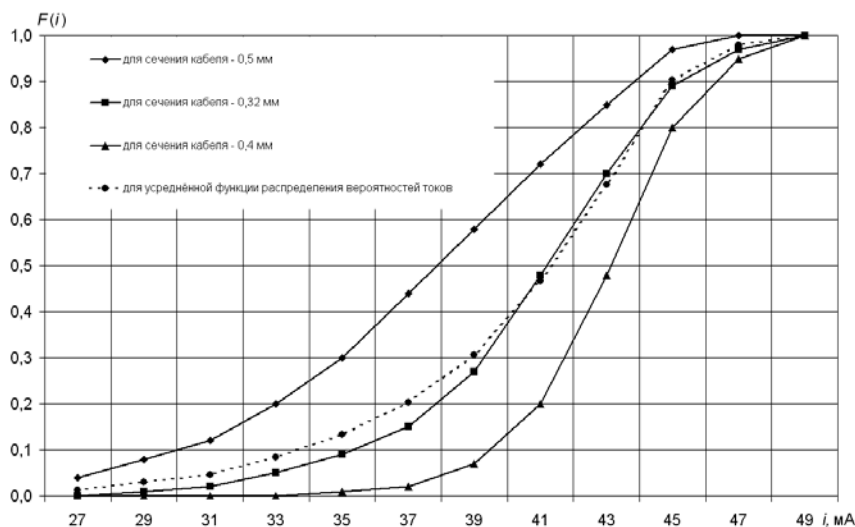


Рисунок 3.13. Функции распределения вероятностей токов, обеспечиваемых посредством АЛ, для осуществления электропитания АИУ с электропитанием посредством абонентских линий

В приложении 4 приведены варианты вывода и расчёта коэффициентов детерминации и корреляции для других аппроксимирующих функций.

Перейдём от функции распределения вероятности токов к функции плотности распределения токов

$$f(i) = F'(i) = \left(\frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^i e^{-\frac{(i-M(i))^2}{2\sigma_i^2}} di \right)' = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-M(i))^2}{2\sigma_i^2}}. \quad (3.42)$$

Произведём расчёт неизвестных коэффициентов аналогично разделу 4.1, сведём их в таблицу 3.8 и получим выражение функции плотности распределения токов, обеспечиваемых посредством АЛ.

Таблица 3.8. Результаты расчётов неизвестных коэффициентов

$M(i)$	$(M(i))^2$	$M(i^2)$	$D(i)$	σ_i
35	1234	1275	41	6,42

Последовательность оценки согласованности теоретического и статистического распределений представлена в разделе 4.1. Для подтверждения оценки степени согласованности используем правило В. И. Романовского

$$\left| \frac{\chi_{набл}^2 - r}{\sqrt{2r}} \right| < 3 \quad (3.43)$$

В результате расчётов по формуле 3.43 получено следующее неравенство $0,943 < 3$, что позволяет аппроксимировать полученную кривую нормальным законом распределения.

$$f(i) = \frac{1}{6,42 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-35)^2}{2 \cdot 6,42^2}} \quad (3.44)$$

3.4.3 Определение вероятности работоспособности случайно выбранного аудиоинформационного устройства на произвольной абонентской линии

В разделе 2.2.2 показано, что для определения вероятности функционирования наугад выбранного АИУ на произвольно взятой АЛ - $P_{\text{функ}}$ необходимо найти произведение их функций распределения вероятностей токов обеспечения $F_{\text{обесп.}}(i)$ и $F_{\text{пот.}}(i)$ потребления. В разделах 4.1–4.2 были выявлены законы, которыми можно аппроксимировать распределения мощностей потребления АИУ с электропитанием посредством абонентских линий и обеспечиваемых АЛ. Вероятность, что произвольно выбранная АЛ обеспечивает ток можно выразить через функцию распределения вероятности $P_{\text{функ}}$ [88]:

$$P_{\text{об.е.}} = \int_i^{\infty} f_{\text{об.е.}}(i) di \cdot \int_i^{\infty} f_{\text{пот.}}(i) di, \quad (3.45)$$

где $f_{\text{обесп.}}$ – функция плотности распределения токов, обеспечиваемых посредством АЛ, $f_{\text{пот.}}$ – функция плотности распределения токов потребления АИУ.

Функция плотности распределения токов потребления АИУ определяется по формуле

$$f_{i \text{ в.}}(i) = \frac{1}{1,94 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-28,57)^2}{2 \cdot 1,94^2}}, \quad (3.46)$$

а функция плотности распределения токов, обеспечиваемых посредством АЛ по

$$f_{i \text{ а.}}(i) = \frac{1}{6,42 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-35)^2}{2 \cdot 6,42^2}}. \quad (3.47)$$

Таким образом, вероятность функционирования наугад выбранного АИУ на произвольно взятой АЛ возможно определить из следующего выражения

$$P_{\text{о.т.}} = \int_0^{\infty} \frac{1}{6,42 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-35)^2}{2 \cdot 6,42^2}} di \cdot \int_0^{\infty} \frac{1}{1,94 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(i-28,57)^2}{2 \cdot 1,94^2}} di. \quad (3.48)$$

3.5 Алгоритм имитационного моделирования метода оценки качества восприятия услуг связи при изменении телефонной нумерации

3.5.1 Требования к подготовке фонограммы оповещения об изменённом телефонном номере

При оценке разборчивости речи используют относительное или процентное количество правильно принятых специально тренированными слушателями элементов речи из общего количества переданных по тракту. В эксперименте использована числовая разборчивость, позволяющая точно оценить качество передаваемой речи, за счёт отсутствия логической возможности восстановить пропущенную информацию из контекста. При синтезе фонограмм учитывалось, что надежное восприятие паузы в речевом сигнале происходит при её длительности 150-200 мс [82]. Числительные записаны с учётом [97] профессиональным диктором, подготовившим большинство фонограмм, используемых при изменении телефонной нумерации. Для имитационного моделирования, применяемых на телефонной сети аудиоинформационных устройств (АИУ), выполненных на базе *multi level cell (MLC)*, фонограммы представлены в формате 9-разрядной линейной ИКМ. Они имеют оценку $MOS=4,01$, соответствующую *MLC*, и учитывают затухание контрольно-измерительного тракта [83, 84].

3.5.2 Имитационное моделирование процесса оповещения об изменении телефонной нумерации

Имитационное моделирование процесса оповещения об изменении телефонной нумерации, реализованное в методе оценки интегрального показателя качества восприятия услуг связи, приведено в пункте П 2.5 приложения 2, подтверждает теоретические предпосылки, изложенные во второй и третьей главе.

3.5.3 Установление необходимого количества повторов измененного телефонного номера

Современное развитие ГТС сопровождается отсутствием единовременного и единообразного перехода на новую нумерацию и многообразием вариантов набора телефонного номера из одного кода в другой. Численным отображением этих причин является снижение коэффициента эффективных попыток вызова (ЭПВ), за счёт изменения привычной для абонентов телефонной нумерации.

Количество повторов передачи информации об изменённом номере $N_{\text{повтор}}$ определяется, по формуле [85]:

$$N_{\text{повтор}} = z \lg (N_{\text{разр.}} / N_{\text{порог.}}), \quad (3.49)$$

где z - показатель, характеризующий степень осведомлённости человека о процессах ощущения; $N_{\text{разр.}}$ - количество разрядов изменяемых в привычном телефонном номере; $N_{\text{порог.}}$ - экспериментально установленный порог изменения телефонного номера, величиной в 1 разряд, при котором не требуется повторная передача информации. В таблице 3.9 приведена зависимость $K_{\text{ЭПВ}QoS}$ от сложности изменения телефонного номера и QoS .

Таблица 3.9. Зависимость $K_{\text{ЭПВ}QoS}$ от сложности изменения телефонного номера и QoS

Наименование параметра	Зависимость $K_{\text{ЭПВ}QoS}$ от сложности изменения телефонного номера					
	$S_{\text{слож}}=0$	$S_{\text{слож}}=1$	$S_{\text{слож}}=2$	$S_{\text{слож}}=3$	$S_{\text{слож}}=4$	$S_{\text{слож}}=5$
Акуст. шум=45 дБА	1	0,94	0,74	0,58	0,17	0
Акуст. шум=75 дБА	1	0,80	0,27	0,54	0	0
Потеря 5% IP-пакетов	1	0,89	0,62	0,48	0,08	0
Потеря 25% IP-пакетов	1	0,85	0,40	0,15	0,02	0
Отношение С/Ш 40 дБ	1	0,96	0,78	0,63	0,24	0
Отношение С/Ш 6 дБ	1	0,82	0,33	0,09	0,01	0
Число КПВ=5	1	0,92	0,69	0,54	0,13	0
Число КПВ=12	1	0,87	0,49	0,22	0,04	0

3.5.4 Порядок оценки эффективных попыток вызова

Порядок оценки эффективных попыток вызова состоит из следующих шагов:

- прослушивается фонограмма с телефонным номером, сформированным генератором случайных чисел, входящим в состав ПО (алгоритм представлен на рисунке 3.14);
- вводится прослушанный номер без его фиксации на носителях информации;
- при несоответствии набранного и прослушанного номеров ПО выводит сообщение об ошибке и повторно воспроизводит фонограмму;
- все предыдущие шаги повторяются для остальных аудиторов;
- ПО фиксирует количество правильно и неправильно набранных номеров;
- в фонограммы вносятся изменения, соответствующие искажениям, вносимым исполь-

зубыми сетями связи, и первые четыре шага повторяются занова.

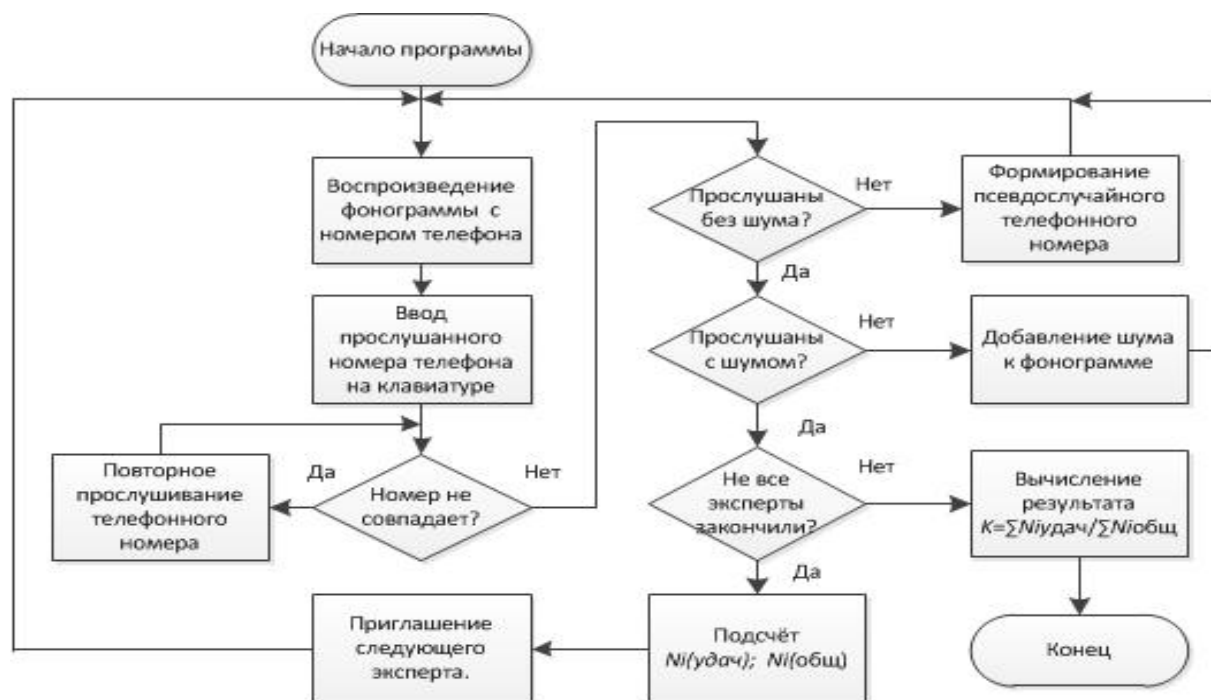


Рисунок 3.14. Алгоритм функционирования ПО

3.5.5 Последовательность проведения контрольных вызовов

Технические и организационные средства, использованные в эксперименте:

- два городских телефонных номера (один для осуществления исходящей связи, а другой, с установленным аудиоинформационным устройством, для входящей связи);
- семь мобильных телефонов с разной степенью отличия номеров, на которые, при помощи аудиоинформационного устройства, осуществляется переадресация вызовов;
- фонограммы с внесёнными, соответствующими современным сетям связи, искажениями передаваемой речевой информации;
- автоответчик с регулируемым числом срабатываний и наличием линейного входа, для записи подготовленных фонограмм;
- устройство фиксации количества попыток вызова (использован АОН, определяющий набранный номер).

Порядок проведения эксперимента:

- аудитору предоставляется 7^{ми} значный номер телефона, напечатанный на бумажном носителе (имитация привычного номера), на который установлено аудиоинформационное устройство;
- аудитор набирает, указанный на бумажном носителе, телефонный номер и прослушивает фонограмму, с изменённым телефонным номером. Не фиксируя его на информационных носителях, аудитор, со своего мобильного телефона осуществляет вызов по услышанному те-

лефонному номеру. При правильном наборе номера он слышит телефонный звонок одного из мобильных телефонов. В противном случае прослушивание повторяется;

- предыдущие пункты необходимо повторить столько раз, сколько мобильных телефонов имеется в наличии.

Последовательность получения показаний и обработки результатов эксперимента:

- общее количество реализованных вызовов, учитывается исходя из показаний АОНа, который осуществляет фиксацию набранных номеров (после окончания снятия показаний информацию необходимо стереть);

- количество принятых вызовов определяется показаниями мобильных телефонов;

- коэффициент эффективных попыток вызова, рассчитывается по методике [54];

- обработка результатов производится в соответствии с [61].

Анализ результатов проведённых исследований, показал, что предлагаемый метод оценки качества восприятия, подтверждается экспериментальными исследованиями.

Выводы по главе 3

1. Для определения необходимого количества аудиоинформационных устройств (АИУ), оповещающих абонентов об изменении телефонной нумерации, следует использовать подход, основанный на рекурсивной формуле Эрланга-В, обеспечивающий простоту реализации алгоритма и точность расчётов.

2. Выполненное развитие метода интегральной оценки качества услуг связи, основанное на восприятии пользователей, позволяет сформулировать требования к услуге «Информирование абонентов об изменении телефонной нумерации».

3. Применение формализованной модели «Абонент-ТфОП-Среда акустическая» обеспечивает учёт способов оповещения об изменении телефонной нумерации и параметров акустической среды при оценке качества восприятия услуг связи.

4. Элементом метода оценки качества восприятия (QoE) телефонных услуг связи, взаимосвязанной с объективными параметрами функционирования сетей (NP), является предложенный подход для определения коэффициента эффективных попыток вызовов.

5. Для интегральной оценки качества восприятия телефонных услуг связи, необходимо использовать предложенный алгоритм бинарной оценки факторов, учитывающий:

- влияние каналов связи, в том числе при передаче IP -пакетов;
- уровень акустических шумов; методы кодирования информации, применяемые на телефонных сетях и в аудиоинформационных устройствах.

Экспертная система оценки факторов влияния обеспечивает пользователю качественное предоставление услуги, опирающееся на действующие нормативные документы.

6. Увеличение сложности изменения телефонного номера, отличие его от привычного, вызывает увеличение трафика за счёт снижения коэффициента эффективных попыток вызова. Снижение трафика возможно путем регламентации длительности пауз в речи при передаче сложносоставных числительных.

Таким образом, развитие метода интегральной оценки качества восприятия телефонных услуг связи позволяет перейти к созданию имитационной модели, отражающей влияние основных параметров функционирования сетей (NP) на восприятие пользователей (QoE).

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ УСЛУГ СВЯЗИ И СРЕДСТВ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕЛЕФОННОЙ НУМЕРАЦИИ

4.1 Возможность технической реализации аудиоинформационных устройств с электропитанием посредством абонентских линий

Возможность использования АЛ для электропитания АИУ определяются структурой сети абонентского доступа, характеристиками абонентских линий и питающих комплектов АТС, а также режимом работы коммутационного оборудования. В режимах ожидания вызова и отбоя сила постоянного тока, который может быть использован для электропитания подключённого к абонентской линии устройства без нарушения регламента функционирования АТС, не должна превышать 1,0 мА.

В разговорном режиме (при замыкании шлейфа) величина максимально возможного тока потребления из линии определяется значением последовательно соединённых сопротивлений питающего абонентского комплекта АТС ($R_{ак.}$) и абонентской линии ($R_{ал.}$), а также зависит от напряжения станционного источника ($U_{см.}$). Действующие в нашей стране коммутационные системы используют источник питания постоянного тока с номинальным напряжением $U_{см.ном.} = 60$ В, а статические пределы допустимых изменений напряжения питания для всех систем АТС, в соответствии с [89], должны находиться в максимально допустимом диапазоне 54 – 72 В. Питание АИУ постоянным током от центральной станционной батареи АТС осуществляется через питающие комплекты, которые хотя и различаются по электрическим схемам и выполняемым функциям в процессе установления и поддержания соединения, однако соответствуют общим параметрам [35].

Таким образом, максимальная величина постоянного тока, который можно потребить от АТС посредством АЛ, не нарушая режим функционирования коммутационного и линейного оборудования ТфОП, определяется из выражения:

$$I_{ал.маx.} = \frac{U_{см.мин.}}{2R_{оп.маx.} + R_{ал.}}, \quad (4.1)$$

где: $R_{ал.}$ – сопротивление используемой абонентской линии.

Значение $R_{ал.}$ может быть определено по формуле:

$$R_{ал.маx.} = R_{км} L_{ал.}, \quad (4.2)$$

где: $L_{ал.}$ – длина абонентской линии; $R_{км}$ – электрическое сопротивление цепи абонентской кабельной линии постоянному току; $U_{см мин} = 54$ В.

Для абонентской проводки используются однопарные распределительные телефонные провода с медными жилами диаметром 0,4 и 0,5 мм. Процентное соотношение длин различных участков АЛ также неравномерно. Магистральный участок составляет примерно 75% от общей протяжённости АЛ, распределительный – 20% и абонентская проводка – 5% [35]. Характерной особенностью АЛ является значительный разброс длин, определяющийся множеством различных факторов и характерный для ТфОП не только для России, но и для экономически развитых стран. На рисунке 4.1 приведены распределения длин АЛ в разных регионах мира.

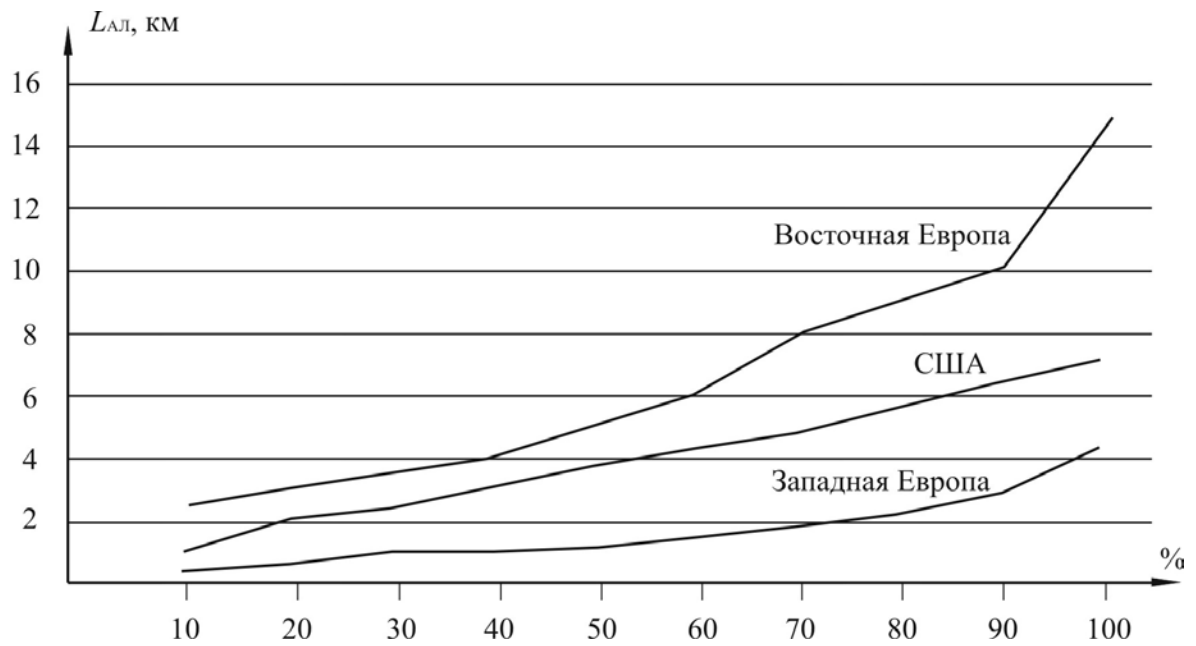


Рисунок 4.1. Распределение длин АЛ по регионам мира

На магистральном и распределительном участках АЛ в соответствии с отраслевыми нормативными документами применяются кабели с медными жилами диаметром 0,32; 0,4 и 0,5 мм, имеющими разное удельное сопротивление.

Для нашей страны, как видно из рисунка 4.2, распределение, полученное с учётом развития телефонных сетей, изменяется в направлении снижения максимальных значений и уменьшения относительного числа протяжённых линий.

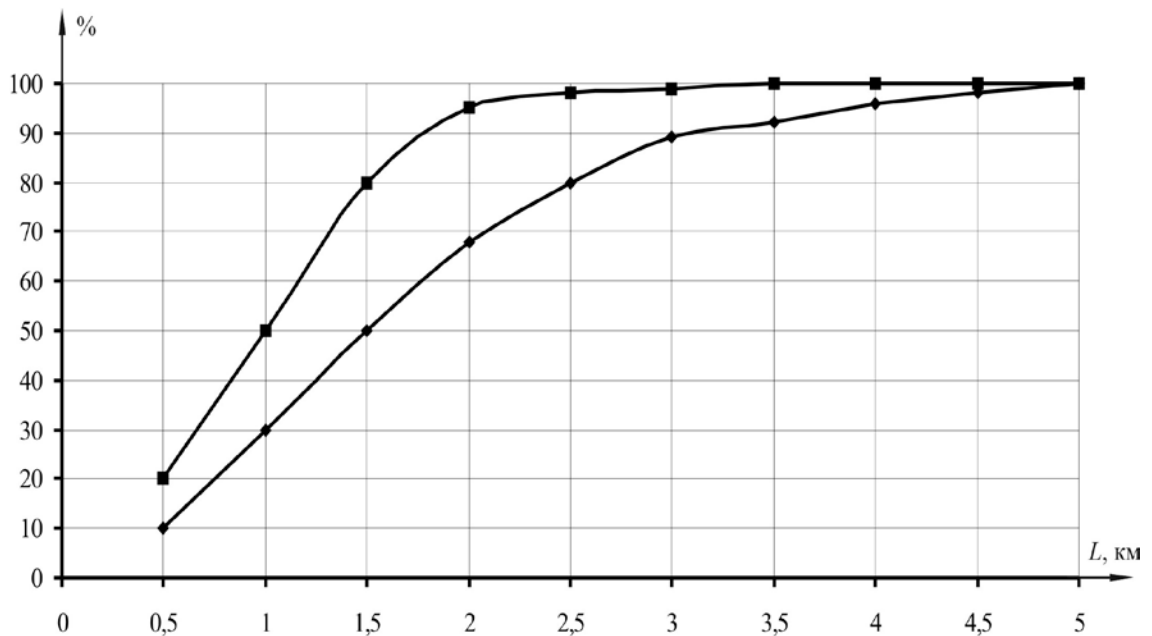


Рисунок 4.2. Распределение длин АЛ в России разных периодов развития телефонных сетей

Анализ проектной документации для произвольно выбранных проектов по установке районных АТС показывает, что с учётом дискретного характера длин АЛ для 80-ти процентов сравнений их распределения идентичны, что свидетельствует об устойчивом характере данной

структурной характеристики абонентской сети. Результирующие данные по рассмотренным проектам абонентских сетей дают следующие результаты: максимальная длина АЛ составляет 3,5 км, средняя – 1280 м, минимальная – 250 м. При этом по сравнению с кривой распределения (рисунок 4.5) в эмпирическом распределении зафиксировано снижение длины АЛ на 400 м для 75% всех рассмотренных случаев. Однако несмотря на такое уменьшение, проверка функций распределения длин АЛ по критерию Уилкоксона при 5% уровне значимости подтверждает гипотезу их принадлежности к одной генеральной совокупности [47].

Таким образом, функция распределения периода 1975 – 1980 гг. наиболее полно отражает вероятностную структуру протяжённости АЛ, охватывая данные выборочных распределений, полученных спустя более 15 лет. Основываясь на этом соображении, с использованием формулы 4.33, рассчитаны распределения электрического сопротивления цепей АЛ с разными диаметрами жил (рисунок 4.3).

Из полученных зависимостей следует, что распределение электрического сопротивления цепи АЛ определяется типом используемого кабеля. На основе кривых на рисунке 4.3 и выражения 4.32 выполнен расчёт и построены графики распределения максимального тока в АЛ для типовых кабелей, используемых на абонентской сети (рисунок 4.4). Полученные зависимости позволяют оценить возможность использования АИУ в режиме электропитания непосредственно от телефонной линии АТС. Так например, техническая реализация наиболее энергопотребляющих устройств данного класса – телефонных автоответчиков – обеспечивается на базе СБИС СнК для записи-воспроизведения речевого сигнала *ChipCorder* серии *ISD4004-08MS* и микроконтроллера *PICmicro (PIC16F84)*.

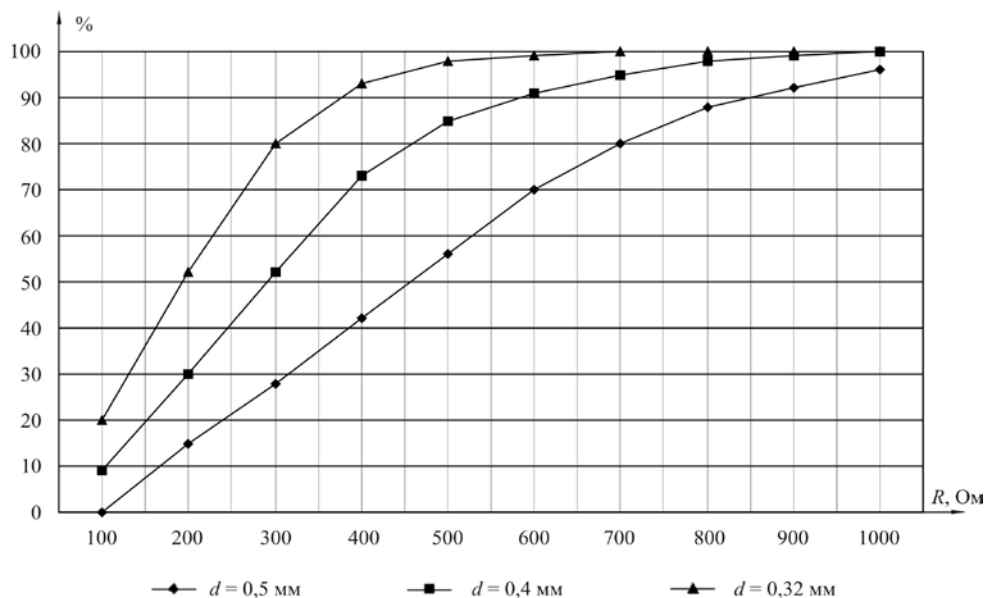


Рисунок 4.3. Функция распределения электрического сопротивления цепей АЛ

Значения параметров для их электропитания (таблица 4.1) показывают, что значения напряжения электропитания, требуемые для работы микроэлектронных элементов, ниже диапазона изменений напряжений в АЛ при замкнутом и разомкнутом шлейфе (9 – 60 В).

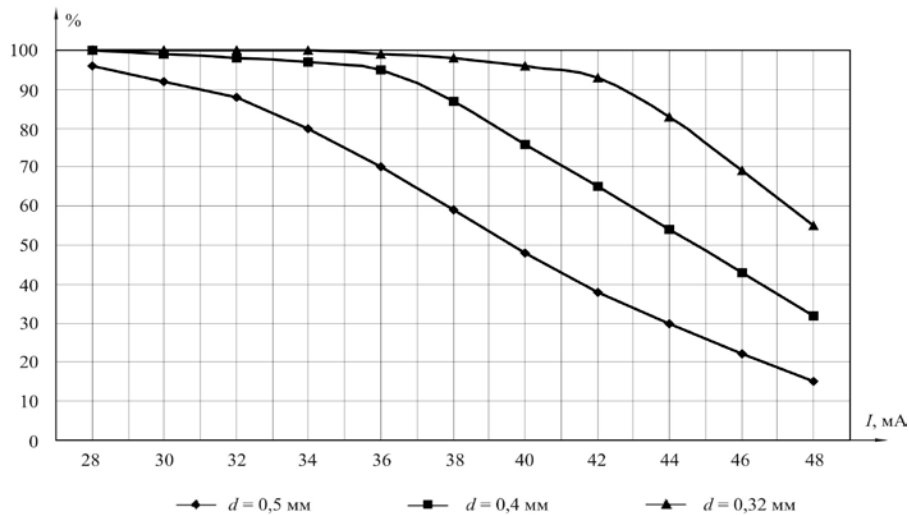


Рисунок 4.4. Функция распределения максимально возможного тока в цепи АЛ при подключении телефонных абонентских устройств

Это исключает необходимость применения в устройстве специального преобразователя, так как необходимое напряжения питания, составляющее 3,0 – 5,5 В, может быть получено из линейного напряжения в АЛ с использованием схемы пассивного параметрического стабилизатора, практически не увеличивающего общую энергетическую нагрузку на АЛ.

В режиме ожидания вызова, как следует из таблицы 4.1, суммарное потребление тока не превышает нескольких микроампер, что существенно меньше допустимого для абонентских телефонных устройств значения потребляемого тока в режиме ожидания и отбоя (1 мА).

Таблица 4.1. Параметры электропитания *ChipCorder* и *PIC16F84*

Режим работы	<i>ChipCorder ISD4004-08MS</i>		Микроконтроллер <i>PIC16F84</i>	
	Ожидание вызова и отбоя (ожидание обращения)	$I_{об}$ < 1 мкА	U 3 В ± 10%	I < 0,7 мкА
Разговорный режим (замыкание шлейфа)	Воспроизведение		Запись	
	I_{pp} < 20 мА	U 3 В	I_{pp} < 30 мА	U 3 В
			< 20 мкА	3,3 – 5,5 В

В частности, абонентские автоответчики, реализованные на базе современных изделий микроэлектроники (таблица 4.2), пригодны для эксплуатации без внешних источников энерго-снабжения не менее, чем на 92-х процентах АЛ с диаметром жил кабеля 0,32 мм. Для АЛ с диаметрами жил 0,4 и 0,5 мм эта величина превышает 98%.

Таблица 4.2. Параметры аналоговых и цифровых АТС по отношению к АИУ

Параметр	Значение для типа АТС	
	Аналоговой	Цифровой
Напряжение питания, В	60	48
Сопротивление абонентского комплекта, кОм	1,2	2,0
Максимальный ток, мА	50	24

При замкнутом шлейфе АЛ максимальное потребление тока автоответчиком не превышает 30 мА. Используя полученные кривые распределения максимальных токов в АЛ (рисунок 4.5), можно определить относительное число АЛ на ГТС, обеспечивающих стабильное функционирование конечных устройств при заданных значениях тока потребления.

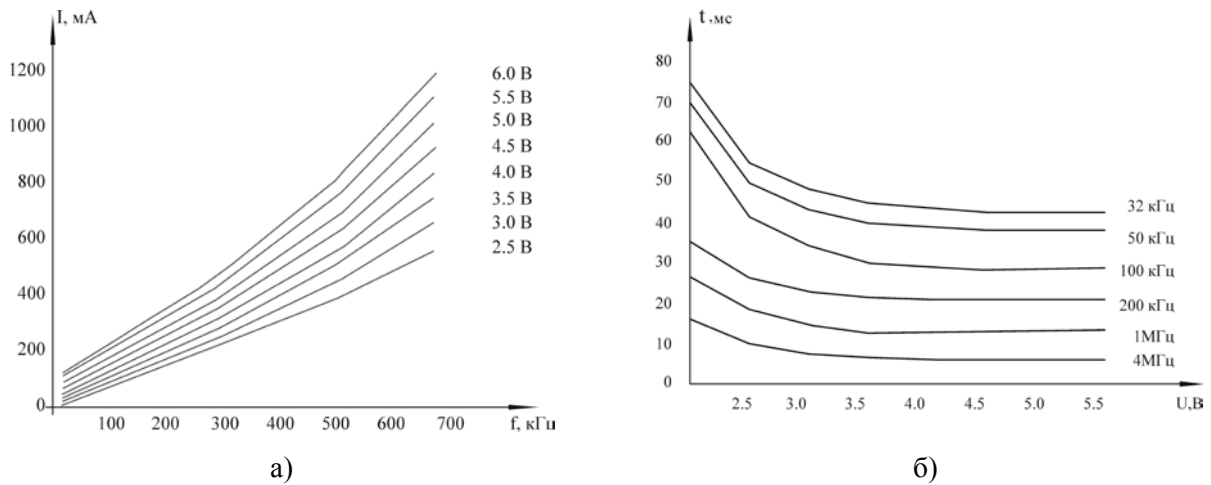


Рисунок 4.5. Зависимость максимального тока потребления микроконтроллера от частоты и времени запуска тактового генератора микроконтроллера от напряжения питания

Выявлено, что 95% АЛ позволяют использовать функциональные возможности АИУ в полном объёме. На 3% линий возможно использование АИУ только для передачи информации и на 2% линий необходимо использовать АИУ с питанием от электросети. Цифровые АТС, устанавливаемые на МГТС взамен устаревших аналоговых, имеют напряжение электропитания 48 В постоянного тока и сопротивление абонентского комплекта 2 кОм. Сравнение параметров аналоговых и цифровых АТС с точки зрения обеспечения электропитания сервисных абонентских устройств приведены в таблице 4.4. Максимальную отдаваемую мощность возможно получить, исходя из следующих соображений:

- упрощённой математической моделью, описывающей электропитание АИУ от абонентской линии, является делитель напряжения;

- для получения максимальной мощности от источника электропитания с ограничением тока необходимо обеспечить согласование сопротивлений: ограничивающего ток и сопротивления нагрузки. Предложенные рекомендации и сформулированные требования, предъявляемые к АИУ с использованием альтернативного источника электропитания – АЛ направлены на повышение эффективности и качества передачи информации. Отмеченная тенденция сокращения длин участков «последней мили» позволит увеличить долю АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. Для осуществления электропитания АИУ от АЛ произведена инструментальная оценка параметров микроконтроллеров для управления многоуровневой *flash*-памятью и режимами работы АИУ [90, 91]. Исследованы зависимости тока потребления от факторов, связанных со спецификой использования микроконтроллеров в АИУ. Получена зависимость (рисунок 4.5) тока потребления от частоты тактового генератора, определяющая производительность микроконтроллера.

4.2 Разработка процедуры оценки вероятности охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации

Для определения вероятности охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации возможно адаптировать хорошо известный аппарат теории телетрафика. Представ-

ляется возможным рассмотреть этот процесс на примере n -канальной СМО с отказами [93, 94]. Состояния системы (рисунок 4.6) пронумерованы по числу установленных на АТС аудиоинформационных устройств (числу заявок с модернизированных АТС). Отсутствие АИУ, при наличии заявки, является недопустимым, поскольку сроки модернизации ГТС не могут зависеть от наличия АИУ. Отсутствие АИУ не позволяет соблюсти оператором параметры QoS и показатели QoE , а следовательно и ввести в эксплуатацию новую АТС.

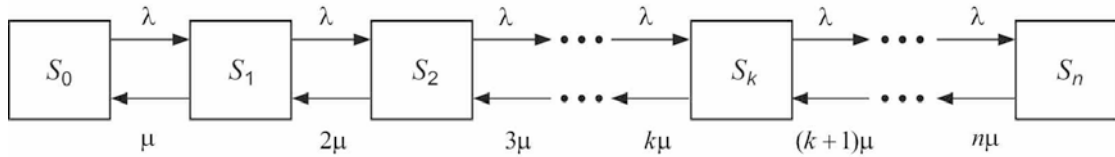


Рисунок 4.6. Состояния системы

Состояния системы будут следующие:

S_0 – не установлено ни одно АИУ;

S_1 – установлено ровно одно АИУ, остальные не используются;

...

S_k – установлено ровно k АИУ, остальные не используются;

...

S_n – установлены все n АИУ.

Переход системы в состояние с большим индексом вызывается событием, соответствующим установке АИУ на АТС, а, наоборот, с его снятием. В случае если число заявок на установку АИУ превысит их количество (n), имеющееся в наличии, произойдет отказ в обслуживании.

Использование формулы Эрланга B позволяет рассчитать вероятность того, что имеющегося количества АИУ будет недостаточно для удовлетворения всех заявок, поступающих с изменённых АТС (ГТС) [95].

$$\rho_g(N) = \frac{A^N / N!}{\sum_{n=0}^N (A^n / n!)} \quad (4.3)$$

В этой формуле интенсивность потока заявок на установку АИУ – λ и интенсивность потока обслуживаний (для одного АИУ) – μ не фигурируют по отдельности, а входят только своим отношением λ / μ . Это отношение обозначено $A = \lambda / \mu$ и названо "приведенной интенсивностью" потока заявок на установку АИУ. Физический смысл ее таков: величина A , представляет собой среднее число заявок на установку АИУ, приходящих в СМО за среднее время обслуживания одной заявки (среднее время на которое устанавливается одно АИУ). Т.к. $\mu = 1/T$, где T – средняя продолжительность обслуживания одной заявки, измеряемая в единицах времени, то $A = \lambda T$. И является средним трафиком (интенсивность трафика, интенсивность нагрузки, поток нагрузки, нагрузка), измеряемым в Эрлангах.

Принятые, по аналогии с теорией телетрафика, обозначения:

λ – интенсивность установки АИУ (замены АТС, единиц/месяц);

T – период, на который устанавливается АИУ (месяц);

n – количество АИУ, установленных на текущий момент времени (единиц);

N – общее количество АИУ, имеющееся на сети, для обслуживания трафика (единиц);
 q – вероятность, что количества АИУ достаточно для удовлетворения всех заявок;
 ρ_g – вероятность того, что возникнет дефицит АИУ при удовлетворении всех заявок;
 μ – интенсивность обслуживания заявки одним АИУ (1/месяц);
 A – поступающий трафик в Эрлангах (количество заявок на установку АИУ в месяц);
 $A = \lambda / \mu$ или $A = \lambda T$.

Принятые, по аналогии с теорией телетрафика, определения:

- поток заявок на установку АИУ, определяется интенсивностью модернизации АТС (единиц/месяц);
- длительность обслуживания заявки - время (в месяцах), на которое устанавливается АИУ, обеспечивающее передачу информации об изменении телефонного номера;
- интенсивность обслуживания – интенсивность снятия АИУ;
- вероятность потери заявки – вероятность, что заявка на установку АИУ не будет удовлетворена, в связи с отсутствием АИУ на сети;
- длительность развития сети – временной интервал, соответствующий полностью модернизированной сети.

При расчёте с использованием формулы Эрланга B существует ограничение, связанное со сложностью определения факториала чисел, больших 25. В работе [96] рассмотрена возможность замены формулы Эрланга B её графической интерполяцией с учётом высокоточной формулы Стирлинга, метода итерационной процедуры Ньютона, с последующей эффективной аппроксимацией. К сожалению, применение данного подхода, не позволяет обеспечить достаточную точность вычислений (0,1%), требует использование графических зависимостей или табулированных функций, имеющих ограничение в 200 каналов (АИУ).

Избежать ограничений, свойственных формуле Эрланга B , позволяет применение широко известного рекурсивного подхода [177]. Основная идея расчёта, заключается в том, что для неизменного трафика значение вероятности потери вызовов можно определить, основываясь на известном предыдущем значении вероятности. Для упрощения математических преобразований, выбрана функция обратная вероятности дефицита АИУ

$$\frac{1}{\rho_g(N)} = \frac{\sum_{n=0}^N \frac{A^n}{n!}}{\frac{A^N}{N!}} = \frac{N!}{A^N} \sum_{n=0}^N \frac{A^n}{n!} = \sum_{n=0}^N \frac{N! A^n}{A^N n!} = \sum_{n=0}^N \frac{N!}{A^{N-n} n!} \quad (4.4)$$

Для количества АИУ большего на 1, функция обратная вероятности дефицита АИУ

$$\frac{1}{\rho_g(N+1)} = \sum_{n=0}^{N+1} \frac{(N+1)!}{A^{N+1-n} n!} = \frac{(N+1)!}{(N+1)!} + \sum_{n=0}^N \frac{(N+1)!}{A^{N+1-n} n!} = 1 + \frac{N+1}{A} \sum_{n=0}^N \frac{N!}{A^{N-n} n!} \quad (4.5)$$

С учётом формулы 4.4, из которой следует, что $\sum_{n=0}^N \frac{N!}{A^{N-n} n!} = \frac{1}{\rho_g(N)}$,

$$\frac{1}{\rho_g(N+1)} = 1 + \frac{N+1}{A} \sum_{n=0}^N \frac{N!}{A^{N-n} n!} = 1 + \frac{N+1}{A} \frac{1}{\rho_g(N)} \quad (4.6)$$

Перейдём к прямой функции вероятности дефицита АИУ

$$\rho_g(N+1) = 1 - \left(\frac{1}{\rho_g(N+1)} \right) = 1 - \left(1 + \frac{N+1}{A} \frac{1}{\rho_g(N)} \right) \quad (4.7)$$

Вероятность того, что заявка будет принята к обслуживанию (она же относительная пропускная способность q) дополняет ρ_g до единицы $q = 1 - \rho_g$.

$$q(N+1) = 1 - \rho_g(N+1) = 1 - 1 / \left(1 + \frac{N+1}{A} \frac{1}{\rho_g(N)} \right) \quad (4.8)$$

Для решения задач с различными начальными условиями

$$q(N+1) = 1 - 1 / \left(1 + \frac{N+1}{A} \frac{1}{\rho_g(N)} \right) = 1 - 1 / \left(1 + \frac{N+1}{\lambda/\mu} \frac{1}{\rho_g(N)} \right) = 1 - 1 / \left(1 + \frac{\mu(N+1)}{\lambda} \frac{1}{\rho_g(N)} \right) = 1 - 1 / \left(1 + \frac{N+1}{\lambda T} \frac{1}{\rho_g(N)} \right) \quad (4.9)$$

Первоначальное значение для $N=0$, рассчитано по формуле (4.4)

$$\frac{1}{\rho_g(0)} = \frac{0!}{A^0 0!} = 1, \text{ следовательно } \rho_g(0) = 1.$$

Для определения необходимого количества АИУ, обеспечивающего абонентов информацией об изменении телефонной нумерации, требуется решить задачу с целевой функцией – вероятностью отсутствия дефицита АИУ. Т.е. найти необходимое количество АИУ, при заданных начальных условиях: λ , T или μ , которое обеспечит максимальное значение вероятности отсутствия дефицита АИУ ($q \rightarrow \max$) или минимальную вероятность возникновения дефицита АИУ ($\rho_g \rightarrow \min$). Целевой функцией, в данной задаче, является необходимое количество АИУ, необходимое для изменения телефонной нумерации в рамках АТС. Дисциплинирующие условия (ограничения):

- $1 \leq \lambda \leq 100$ $\lambda \in [1-100]$ (интенсивность установки АИУ, единиц/месяц);
- $1 \leq T \leq 12$ $T \in [1-12]$ (период времени, на который устанавливается АИУ, месяц);
- $1 \leq N \leq 250$ $N \in [1-250]$ (количество устанавливаемых АИУ, шт.);
- $1/12 \leq \mu \leq 1$ $\mu \in [1/12-1]$ (средняя интенсивность обслуживания одним АИУ, 1/месяц).

При решении оптимизационных задач методами линейного и нелинейного программирования все искомые переменные имеют непрерывный характер. При размещении аудиоинформационных устройств (АИУ) на АТС (ГТС), все искомые переменные могут принимать только значения целых чисел (не может быть установлено дробное число АИУ). Математическая модель такой задачи аналогична линейным и нелинейным моделям и содержит целевую функцию, систему ограничений и граничные условия. Однако система ограничений в задаче с целочисленными переменными дополняется ограничениями типа

$$x_k \text{ — целое, } f_c = 1, 2, \dots, l, \quad (4.10)$$

где l – количество целочисленных переменных, $l < n$; n – общее количество переменных. Оптимизационные задачи, в которых искомые переменные или их часть должны быть целыми числами, решаются методами целочисленного программирования.

Введение дополнительных ограничений по целочисленности переменных существенно увеличивает объем вычислений и усложняет вычислительную процедуру при поиске решения. Однако в заданном диапазоне изменения переменной целочисленная переменная имеет меньшее количество значений, чем непрерывная переменная. В частности, в диапазоне $0 < x < 3$ це-

лочисленная переменная x имеет четыре значения ($x = 0, 1, 2, 3$), а непрерывная переменная - бесконечное количество значений [114].

Попытка решить целочисленную оптимизационную задачу методом полного перебора переменных приводит к увеличению объема вычислений. Ясно, что для реальных оптимизационных задач метод полного перебора не приемлем. Другой способ решения целочисленной задачи заключается в решении этой задачи без наложения ограничений вида (4.10). В этом случае решается обычная задача с непрерывными переменными, а полученные непрерывные переменные округляются до целых чисел, что приводит к приближенному решению.

$$P_b \rightarrow 1$$

$$\frac{(\lambda \cdot T)^N / N!}{\sum_{n=0}^N ((\lambda \cdot T)^n / n!)} = 1$$

На рисунке 4.7 приведён скриншот программы, реализующей предложенный метод. Она позволяет: изменять значения дисциплинирующих условий, определённых при постановке задачи; находить количество АИУ, задаваясь ограничением вероятности отказа в их установке или получать значение вероятности отказа в установке АИУ при их известном количестве.

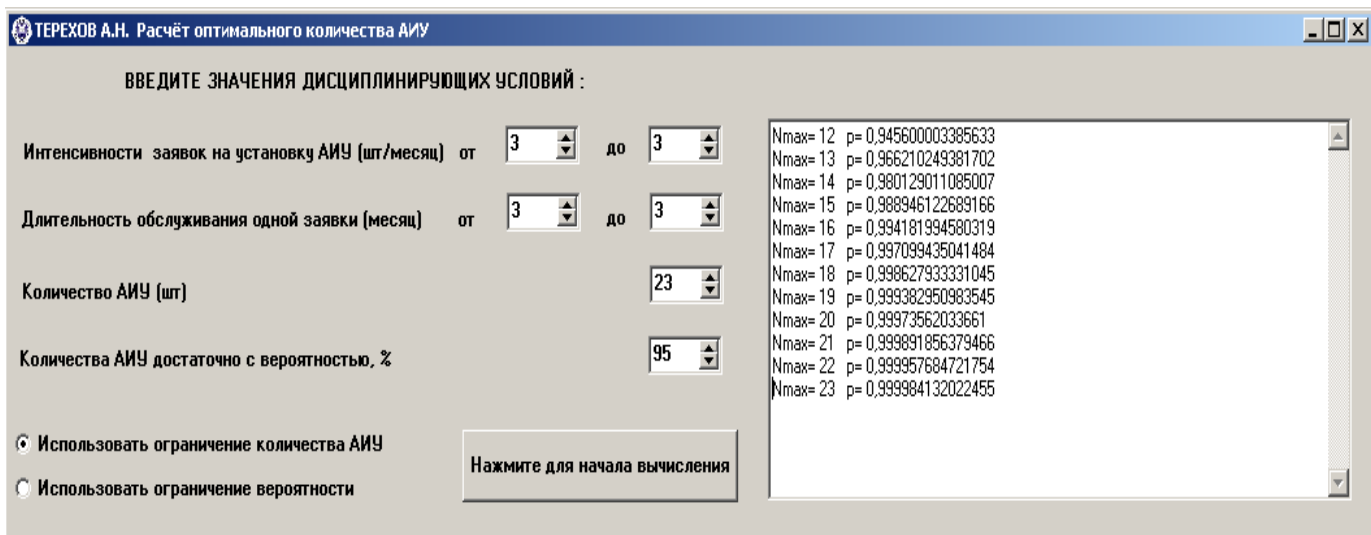


Рисунок 4.7. Скриншот разработанной программы расчёта необходимого количества АИУ

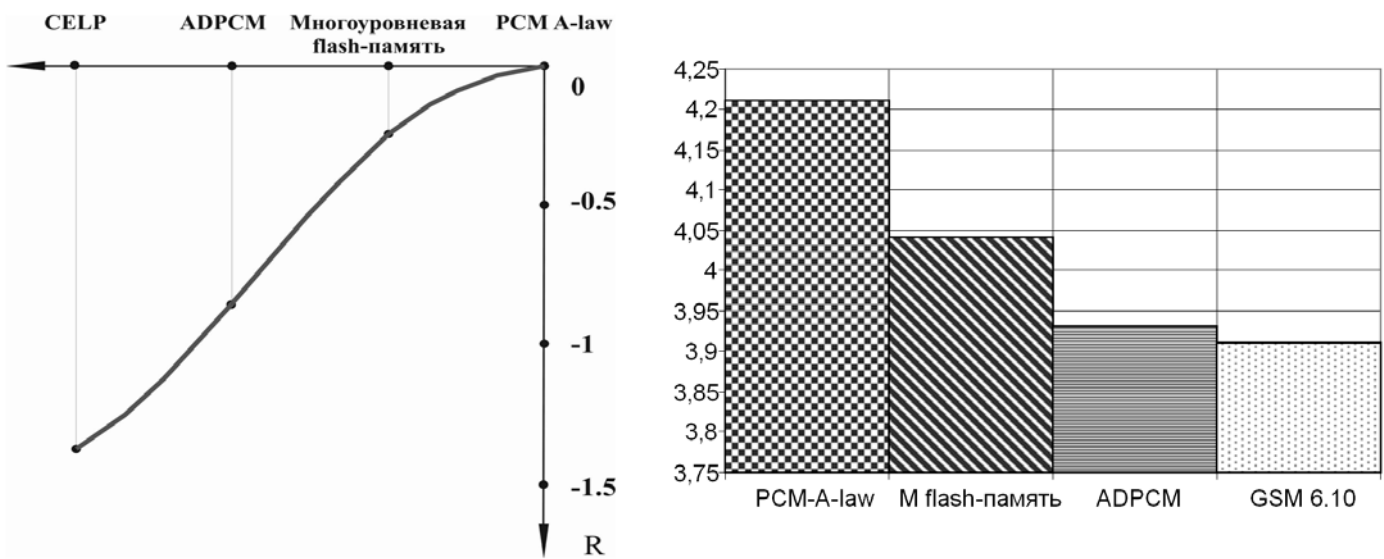
4.3 Выбор метода записи речи для оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации

Для оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации выявлен перспективный способ записи речевой информации – многоуровневой *flash*-памяти, который не осуществляет квантование речевого сигнала [67]. При записи речевого сигнала в таких накопителях речевой информации осуществляется дискретизация речевого сигнала. Полученные значения отсчётов речевого сигнала без его измерения записываются непосредственно в многоуровневую память. Результаты, представленные в таблице 4.3 и на рисунке 4.8 [68], демонстрируют оценку качества передачи речи, выполненной методом парных сравнений и заданных категорий.

Таблица 4.3. Оценки методов кодирования речи

Параметр	<i>CELP</i>	<i>ADPCM</i>	<i>M flash-память</i>	<i>PCM A-law</i>
$\overline{\Delta R}_{jcp}$	-	-0,537	-0,593	-0,255
\overline{R}_{jcp}	-	-0,537	1,13	1,385
Значения шкалы	-1,385	-0,848	-0,255	0
Оценка, полученная методом заданных категорий	3,91	3,93	4,04	4,21

Полученная психологическая шкала реакций подтверждает результаты оценки качества методом заданных категорий и позволяет судить о достоверности результатов, полученных в результате модификации метода оценки в соответствии со спецификой АИУ, применяемых на ТфОП [69, 70].



а) Психологическая шкала реакций при различных методах кодирования

б) Результаты оценки качества передачи речи в АИУ методом заданных категорий

Рисунок 4.8. Оценка качества передачи речи субъективными методами

На рисунке 4.9 приведена зависимость качества речи от скорости передачи данных различными методами кодирования (способами записи) информации.

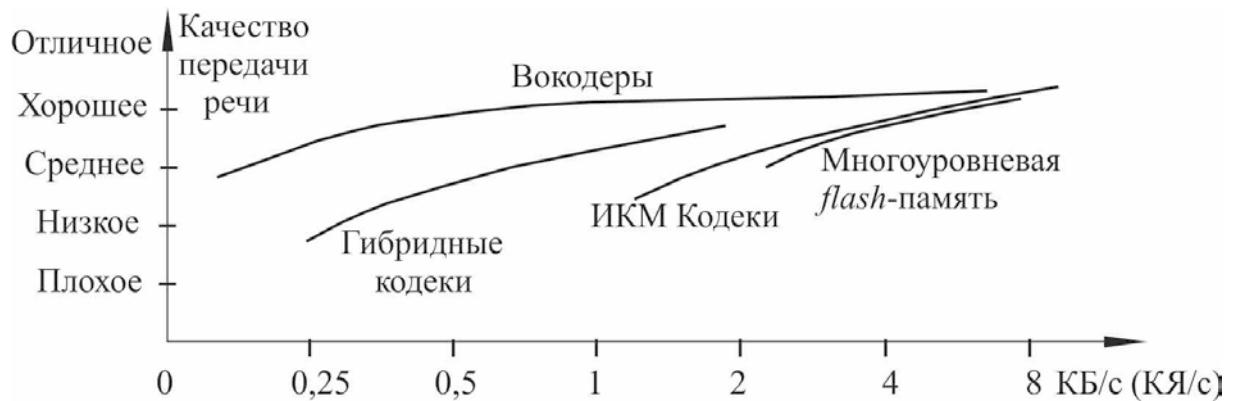


Рисунок 4.9. Зависимость качества речи от скорости передачи данных различными методами кодирования (способами записи) информации

Отношение среднего числа положительных суждений, высказанных в пользу каждого возбудителя по сравнению со всеми остальными возбудителями, к общему числу суждений

$$P_{cp} = \frac{\sum N_i}{N(n-1)}. \quad (4.11)$$

Предельное значение нормированного отклонения (Z_{jk})

$$\Phi(Z_{jk}) = 2P_{cp}(R_{jk} > 0) - 1. \quad (4.12)$$

Наивероятнейшее значение реакции

$$\overline{R_{jcp}} = Z_{jcp} \sqrt{2}. \quad (4.13)$$

Исследованная зависимость качества речевой информации от числа перезаписей в многоуровневую *flash*-память показала, что число перезаписей более 3 приводит к снижению не только интегральной оценки качества, но и к уменьшению разборчивости речи ниже допустимого уровня для использования их в каналах связи высшего качества, имеющих не менее 93% слоговой разборчивости (рисунок 4.10) [71].

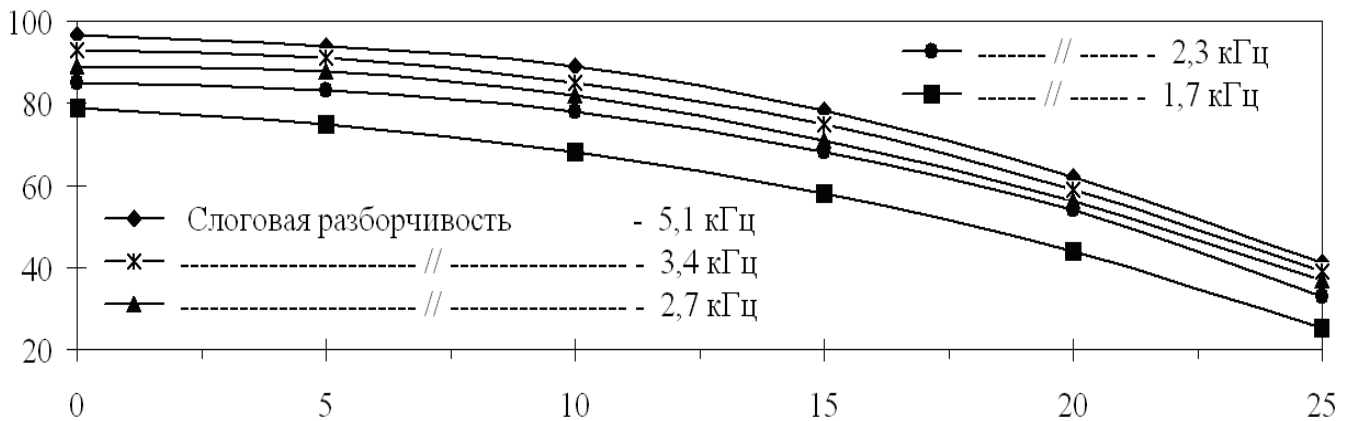


Рисунок 4.10. Зависимость слоговой разборчивости от числа перезаписей в многоуровневую *flash*-память

Слоговая разборчивость зависимости принятых слогов от числа перезаписей описывается полиномом третьей степени [3].

$$S_{\%} = -0,07n^3 - 1,48n^2 + 3,06n + 87,27, \text{ при } r^2 = 0,98. \quad (4.14)$$

4.4 Зависимость качества восприятия услуг связи от длительности оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации

Оборудование ГТС – сигнально-вызывное устройство выполнено таким образом, что первый поступающий сигнал вызова имеет равномерное распределение на интервале $\{0 - 1\}$ с. Пропуск сигнала вызов приводит к увеличению времени обслуживания абонентов, причём про-

порционально времени уменьшения длительности передаваемой информации. Полученная зависимость эффективности занятия канала от пропуска сигнала вызовов представлена на рисунке 4.11.

Исследования выявили, что:

- качественная и разборчивая речевая информация исключает повторные общения с АИУ или оператором, т.е. сокращает время получения информации;
- потери «психологического времени» потребителя информации значительно сокращаются при создании комфортных условий телефонного общения.

Длительность передачи информации определяется её качеством и разборчивостью. Снижение этих параметров приводит к необходимости её повторной передачи, что увеличивает время обслуживания. Превышение цикла воспроизведения над циклом записи также влияет на эту составляющую и в разработанном АИУ с электропитанием посредством абонентских линий снижена до 100 мс.

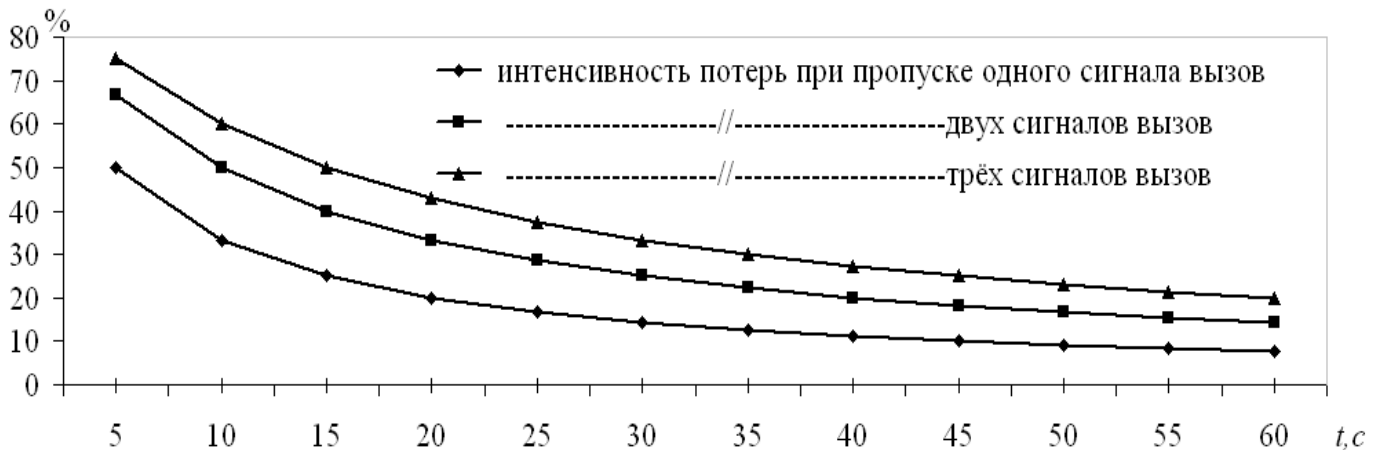


Рисунок 4.11. Зависимость эффективности занятия каналов от длительности информации

Расчеты показали, что предложенная техническая реализация АИУ позволяет экономить временной ресурс в суммарном выражении на одном телефонном общении около 3 с.

Оповещение абонентов МГТС об изменении телефонной нумерации осуществляется в несколько этапов:

- за два месяца перед началом переключения присылается уведомительное письмо о том, что номер абонента изменится и сообщается новый номер;
- за два дня перед непосредственной сменой номера абонента оповещают звонком об изменении его номера;
- в течение суток после смены номера устанавливается АИУ, которое оповещает всех входящих абонентов о смене номера в течении 3-х месяцев со дня изменения;
- по истечении трёх месяцев получить информацию об изменённом номере возможно только в справочной службе или на официальном сайте МГТС.

Прекращение аудиоинформационного обслуживания приводит к снижению качества восприятия телефонных услуг связи. Для сохранения качества телефонных услуг связи необходимо увеличить длительность предоставления аудиоинформационных услуг вплоть до передачи номера другому абоненту. Содержание информации может быть неполным, для снижения себе-

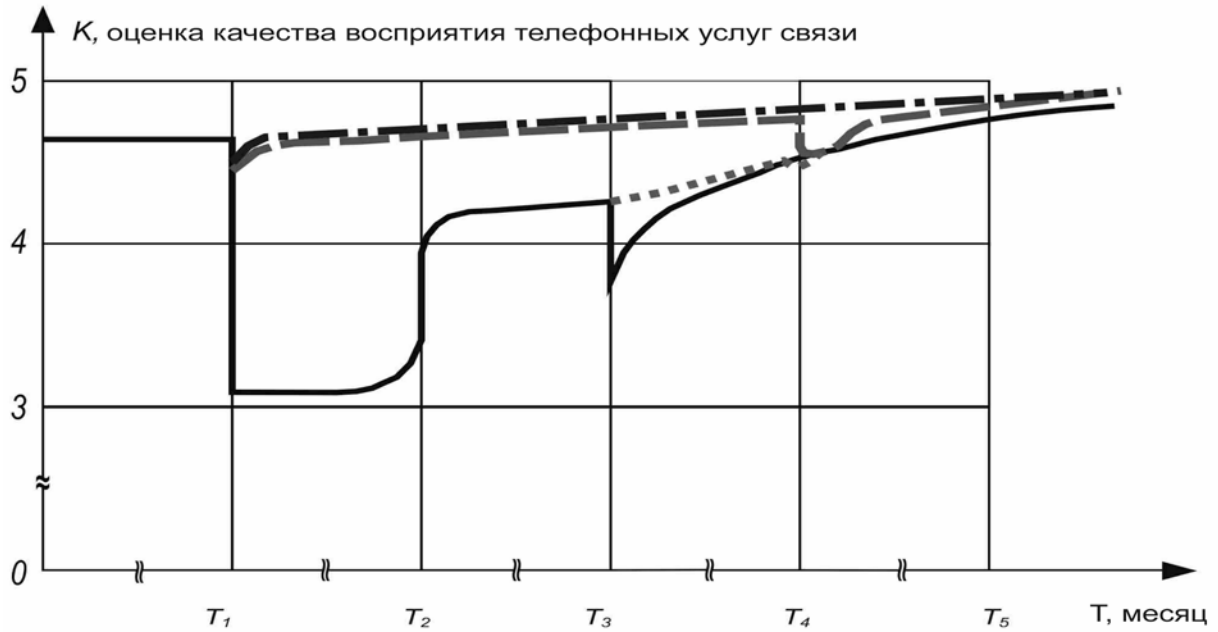
стоимости предоставления услуги для ГТС достаточно установить одно аудиоинформационное устройство, но она должна предоставляться вплоть до передачи номера другому абоненту. Достаточно знать причину «молчания» вызываемого абонента – например «номер абонента изменился в связи с изменением нумерации телефонной сети» и дискомфортность абонента снизится [72]. Для поддержания качества обслуживания пользователей услуг телефонной связи с использованием аудиоинформационного устройства необходимо независимое электропитание, которое может быть осуществлено посредством АЛ.

Анализ существующих аудиоинформационных устройств и систем показал наличие несоответствия в надёжности передачи информационных сообщений для устройств, используемых на ГТС и применяемых у абонента. Различие связано с тем, что требование к стабильности доставки электропитания АТС выше, чем у абонента, за счёт использования стационарных батарей. Набранная статистика зависимости мощности отдаваемой АЛ от их длины и отмеченная тенденция к сокращению длин АЛ позволяют рекомендовать их для обеспечения электропитания АИУ не только в ближайшей перспективе, но и на современном этапе развития телефонных сетей, постепенно вытесняя АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. Это обеспечивает комфорт при использовании услуг, предоставляемых телефонными сетями абонентам, простоту при установке оборудования и надёжность в эксплуатации. Различие возможно устранить за счёт электропитания энергозависимых компонент АИУ посредством АЛ.

На рисунке 4.12 приведена зависимость качества восприятия телефонных услуг связи от регламента установки АИУ. При отсутствии изменения телефонной нумерации качество восприятия телефонных услуг связи является устойчивой величиной и зависит от субъективного восприятия абонентами объективных характеристик и параметров аппаратуры и каналов связи. Её значение составляет 4,7, что показано на рисунке 4.12 на временном интервале $0 - T_1$. На интервале $T_1 - T_2$ показано качество восприятия телефонных услуг связи как при типовом изменении нумерации с установкой АИУ в момент T_2 , так и при предлагаемых вариантах с установкой АИУ в момент времени T_1 . Последний вариант не допускает существенного снижения качества восприятия телефонных услуг связи, как в предыдущем варианте до 3,1, и дискомфортность связана с привыканием абонентов к АИУ.

Временной интервал $T_2 - T_3$ составляет 3 месяца. За это время до 95% абонентов успевают получить информацию об изменении телефонной нумерации. Спад в момент времени T_3 связан со снятием АИУ. Он обусловлен наличием 5% абонентов, не охваченных ранее, и теми абонентами, которые не запомнили новый номер, полагаясь на наличие АИУ. Как видно, временной интервал $T_3 - T_4$ определяется: восстановлением значения 3,1 до практически существовавшего перед изменением телефонной нумерации; отсутствием снижения качества восприятия телефонных услуг связи при предлагаемых вариантах установки АИУ.

На интервале $T_4 - T_5$ наблюдается повышение значения 3,1 до практически существовавшего перед изменением телефонной нумерации. Это связано со снижением качества восприятия телефонных услуг связи, не успевших запомнить изменившийся номер или не звонивших по изменённому номеру до этого.



----- — при существующем регламенте изменения телефонной нумерации, но установке аудиоинформационного устройства сроком на 6 месяцев;
 - - - - — при установке аудиоинформационного устройства непосредственно в момент изменения номера и сроком на один год;
 ———— — при существующем изменении телефонной нумерации;
 - - - - — при установке аудиоинформационного устройства непосредственно в момент изменения номера и сроком на 6 месяцев.

0 – T_1 – без изменения телефонной нумерации; T_1 – T_2 – с момента изменения телефонной нумерации до установки АИУ; T_2 – T_3 – период изменения телефонной нумерации с функционирующим АИУ; T_3 – T_4 – снятие АИУ при существующем регламенте; T_4 – T_5 – установившийся режим функционирования.

Рисунок 4.12. Зависимость качества восприятия телефонных услуг связи от регламента установки АИУ

Как и следовало ожидать, качество восприятия телефонных услуг связи обеспечивает вариант установки АИУ непосредственно в момент изменения телефонного номера на 1 год.

4.5 Анализ и сравнение результатов и критериев оценки качества восприятия телефонных услуг связи путём социологического опроса, имитационного моделирования и натурного эксперимента

Выполненное исследование необходимого числа повторов измененного телефонного номера связано с современной модернизацией, которая сопровождалась отсутствием единовременного и единообразного перехода на новую нумерацию и многообразием вариантов набора из одного кода в другой. Численным отображением этих причин является снижение коэффициента ЭПВ за счёт изменения привычной телефонной нумерации. Зависимость необходимого числа повторов информации об изменённом телефонном номере $N_{\text{пов}}$ от сложности его изменения $S_{\text{слож}}$ показана на рисунке 4.13 (как для аналоговых, так и для IP-сетей).

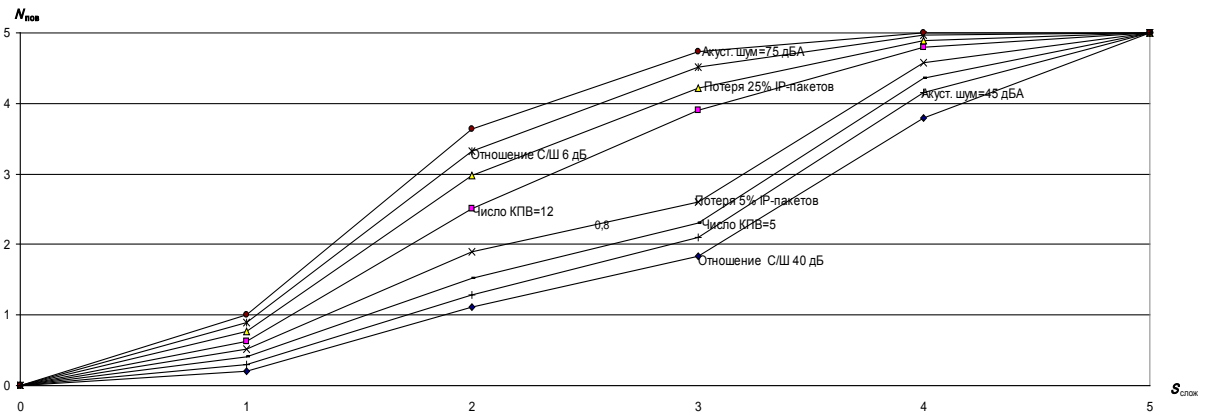


Рисунок 4.13. Зависимость необходимого количества повторов речевой информации об изменённом телефонном номере от: сложности изменения номера, процента потери IP-пакетов (в IP-сетях), отношения С/Ш (в аналоговых сетях), уровня внешнего акустического шума и количества контрольных посылок вызова (КПВ)

Результаты социологического опроса, входящего в состав метода оценки QoE , определены в единицах и долях от общего количества опрошенных. При проведении опроса использованы анкеты с закрытыми вопросами, ответами по 5^{ти} балльной шкале и названиями, отражающими цель исследования, указаны общие сведения о респондентах (пол, возраст, род занятий, образование и т. д.). Вопросы, на которые было получено более 75% всех ответов респондентов, приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4. Результаты социологических опросов

Наименование вопросов, на которые получено наибольшее количество ответов (75% и выше)	Ответы	Кол-во ответов, x_i ТЕКУЩЕЕ	Процент ответов	Коеф. веса (пред.)
1. Сколько месяцев необходимо осуществлять автоматическое речевое оповещение об изменении телефонного номера?	от 3х и более	465	31	0,31
2. Какой должна быть фразовая разборчивость при передаче информации об изменённом телефонном номере?	не ниже хорошей	345	23	0,23
3. Каким должно быть время доступа к информации об изменении телефонного номера (количество гудков), с ?	не более 20-30 (4-6)	240	16	0,16
4. Какая степень сложности изменения телефонного номера, по сравнению с привычным, приемлема для вас?	ниже средней	195	13	0,13
5. С каким качеством необходимо передавать информацию об изменении телефонного номера?	выше хорошего	120	8	0,08
6. На каком расстоянии от края автодороги (в дневное время суток) вы перестаёте ощущать мешающее воздействие транспортного шума на восприятие информации об изменённом телефонном номере?	более, чем 8 метров (<65 дБА)	75	5	0,05
7. Какие шумы канала связи мешают восприятию информации об изменённом телефонном номере?	эхо и треск	15	1	0,01
Всего:	—	1455	97	0,97

Процентное соотношение вопросов, определённых испытуемыми в качестве приоритетных, дают предварительные коэффициенты веса для основных составляющих QoE . Коэффициенты веса формируются на основе результатов социологических опросов с использованием рег-

рессионно-корреляционного анализа, их уточнение выполнено с применением имитационной модели и подтверждено натурным экспериментом (таблица 4.5).

Таблица 4.5. Критерии и коэффициенты оценки качества восприятия (QoE) телефонных услуг связи при изменении нумерации

Критерии воздействующих факторов	Абсолютные (относительные) критерии воздействующих факторов $x_i = x_{i \text{ до изменения}} / x_{i \text{ после изменения}}$					Коэфф. взаимосвязи α_i	$K_{ЭПВQoE}$
	0 (0)	3 (1,78)	6 (2,44)	12 (2,87)	более 12 (2,89)		
Длительность оповещения об изменении телефонной нумерации, месяцев	0 (0)	3 (1,78)	6 (2,44)	12 (2,87)	более 12 (2,89)	0,28	0,325
Фразовая разборчивость, %	менее 25 (0,044)	25 – 40 (0,22)	40-56 (2)	56-80 (2,4)	80 – 100 (2,88)	0,24	0,182
Число КПВ перед ответом, шт.	более 12 (0,021)	9–12 (0,023)	6–9 (1,1)	3–6 (1,88)	менее 3 (2,33)	0,18	0,011
Степень изменения телефонного номера	5 (0,020)	4 (0,024)	3 (1,04)	2 (1,55)	1 (1,66)	0,14	0,05
Требуемое пользователями качество передачи информации	1 (0,019)	2 (0,025)	3 (0,11)	4 (1,11)	5 (1,4)	0,075	0,015
Уровень окружающ. шума, дБА	более 75 (0)	65-75 (0,018)	55-65 (0,026)	45-55 (0,29)	менее 45 (1,33)	0,07	0,028
Соотношения сигнал/шум, дБ	менее 6 (0)	6-15 (0,020)	15-25 (0,024)	25-35 (0,066)	более 35 (0,22)	0	0
Весовой коэффициент частного показателя (ω_i)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0		
Оценка в затруднениях	очень сильное	сильное	умеренное	легкое	не ощущалось		
Оценка в баллах	1	2	3	4	5		
Оценка в %	20	40	60	80	100		
MOS-оценка воспринимаемой информации	< 1,7	1,7-2,5	2,5-3,0	3,0-4,0	4,0-4,5		
Качество услуги, получаемое пользователем	не допуст	не удов	удовл	хорошее	отлич		
$K_{\text{ЭПВQoS}}$ - коэффициент эффективных попыток вызова, определяется по [РД 45.056-2000]							0,99999
$K_{\text{ЭПВQoE}}$ - коэффициент эффективных попыток вызова, учитывающий субъективное восприятие пользователей объективных параметров сетей связи (имитационное моделирование)							0,536
$K_{\text{ЭПВQoE}}$ - коэффициент, учитывающий вызовы по изменённым номерам с установленными на них АИУ (если изменены все номера $K_{\text{ЭПВQoE}} = 0,5$, если нет изменений $K_{\text{ЭПВQoE}} = 1$)							0,5 – 1
$K_{\text{ЭПВQoE}} = K_{\text{ЭПВQoS}} K_{\text{ЭПВQoE}} K_{\text{ЭПВQoE}}$ - интегральный коэффициент эффективных попыток вызова							0,268 - 0,536
$K_{\text{ЭПВQoE}}$ - коэффициент эффективных попыток вызова, учитывающий субъективное восприятие пользователей объективных параметров сетей связи (натурный эксперимент)							0,571
Относительная погрешность результатов имитационного моделирования и натурального эксперимента							6,5 %
$x_{i \text{ до изменения}}$ - текущее значение фактора							
$x_{i \text{ после изменения}}$ - порог восприятия фактора на уровне ошибок исследования (45 ответов или 3%)							
В постмодернизационный период факторы, определяющие качество обслуживания, могут изменяться							

Процентное соотношение вопросов, определённых испытуемыми в качестве приоритетных, дают предварительные коэффициенты веса для основных составляющих QoE .

На основании проведённых исследований, сформированы и формализованы требования к качеству предоставления услуги «информирования абонентов об изменении телефонной ну-

мерации» и её оценке.

Как следует из таблицы 4.6:

- услуга «отличного» качества достигается при длительности установки АИУ более 12 мес., фразовой разборчивости 80 -100 %, числа КПВ менее 3 шт., степени изменения телефонного номера -1, качества передачи информации - 5 баллов;

- услуга «хорошего» качества достигается при длительности установки АИУ на 12 мес., фразовой разборчивости 56-80 %, числа КПВ 3-6 шт, степени изменения телефонного номера -2, качества передачи информации - 4 балла и т.д. Полученный результат оценки качества предоставляемых услуг с надежностью 95% и точностью не ниже 10% , обеспечен выполнением 1400 контрольных вызовов, что в соответствии с рекомендациями [54, 61, 62] обеспечивает репрезентативность выборки из генеральной совокупности с доверительной вероятностью 95 %.

Выводы по главе 4

1. Анализ статистических данных распределения длин АЛ показал, что 99% линий обеспечивают функционирование на них АИУ с электропитанием посредством абонентских линий. Внедрение на Московской ГТС более 500 АИУ с электропитанием посредством абонентских линий является подтверждением возможности их технической реализации.

2. Отсутствие задержки об оповещении при изменении телефонной нумерации на примере Московской ГТС, связанной с наличием АИУ, служит обоснованием правильности расчёта необходимого количества и параметров АИУ на телефонной сети. Для расчёта требуемого количества АИУ (свыше 25 единиц), обеспечивающих оповещение об изменении телефонной нумерации, необходимо использовать рекурсивный подход к формуле Эрланга B .

3. Достоверность выбора метода записи речевой информации для применения в АИУ, обеспечивающих оповещение абонентов об изменении телефонной нумерации, обусловлен проведённым экспериментом с применением методов бальной оценки и парных сравнений.

4. Аналитически рассчитанная в предыдущих главах зависимость качества восприятия телефонных услуг связи от длительности установки АИУ на ГТС, нашла экспериментальное подтверждение в процессе модернизации Московской ГТС.

5. Разработанная процедура оценки вероятности охвата абонентов оповещением об изменении телефонной нумерации позволяет обеспечить гарантированное качество восприятия услуг связи.

6. Выполненное развитие метода оценки качества восприятия телефонных услуг связи обосновано результатами социологического опроса, имитационного моделирования и натурного эксперимента. Оценка качества, основанная на сформированных и формализованных в методе требованиях к предоставлению услуги «информирования абонентов об изменении телефонной нумерации», получена с надёжностью 95% и точностью не ниже 10%.

Таким образом, достоверность усовершенствованного метода и созданной на его основе имитационной модели подтверждается данными эксперимента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертации состоят в следующем:

1. Выполнено развитие метода интегральной оценки качества телефонных услуг, отличающееся учётом восприятия пользователями процесса развития сетей и позволяющее сформулировать требования к услуге «информирование абонентов об изменении телефонной нумерации». Внедрение требований к новой услуге позволило обеспечить гарантированное качество обслуживания пользователей, осуществляемое в процессе изменения телефонной нумерации [2, 83, 130, 131, 135, 139].

2. Разработанная модель «Абонент–ТфОП–Среда акустическая» [98] для оценки качества восприятия услуг связи, учитывающая специфику формирования передаваемых и принимаемых сообщений об изменении телефонной нумерации по сетям с коммутацией пакетов.

3. Созданный и реализованный на ПЭВМ алгоритм имитационного моделирования оценки качества восприятия пользователями телефонных услуг, учитывает влияние параметров сетей связи. Адаптированный к изменению телефонной нумерации метод расчёта коэффициента эффективных попыток вызовов учитывает восприятие пользователями качества обслуживания [25, 83, 138]. По результатам имитационного моделирования получены зависимости необходимого количества повторов оповещения об изменённом телефонном номере от различных факторов [2, 83, 130, 131, 135, 139].

4. Выявлены причины снижения качества восприятия услуг связи в процессе изменения телефонной нумерации [2, 83, 131, 136-138]. Исследована возможность применения рекомендаций международных организаций по стандартизации качества обслуживания и восприятия для получения численной оценки этого снижения [131, 132].

5. Разработаны критерии восприятия услуги связи, соответствующие им оценки качества и их допустимый диапазон и алгоритм определения вероятности прекращения оповещения пользователей об изменении телефонной нумерации [130, 131, 135-137].

6. Исследованы способы записи и методы кодирования речи [23, 37, 39, 65, 66, 71, 132] для синтеза информационных сообщений, с учётом специфики восприятия передаваемых сложносоставных числительных применяемых при изменении телефонной нумерации [136-139].

7. Полученные в диссертации результаты внедрены на Московской ГТС в качестве устройств оповещения об изменении телефонной нумерации, реализованы в НИР «Разработка методик оценки качества восприятия пользователем (QoE) мультисервисных услуг по параметрам качества обслуживания (QoS) и концепции автоматического непрерывного контроля качества телефонной передачи «из конца в конец»» в разделе, посвященном качеству восприятия телефонных услуг связи, проводимой по заказу ОАО «Ростелеком» в 2012 г., а также использованы в учебном процессе кафедр ТиЗВ им. С.И. Катаева, ЭБЖиЭ в ФГОБУ ВПО МТУСИ. Полученные результаты работы подтверждаются соответствующими актами [Приложение 13 к диссертации].

8. Результаты исследования рекомендуется использовать операторам связи, проектным и исследовательским организациям при оценке качества предоставляемых и планировании новых телефонных услуг, в том числе в период развития сетей.

9. Диссертация охватывает все поставленные задачи, связанные с исследованием качества восприятия телефонных услуг связи, предоставляемых посредством сетей с коммутацией каналов, и может служить дальнейшей основой для оценки сервиса, обеспечиваемого системами с коммутацией пакетов.

Список основных сокращений

- ААО** – автоматизированное аудиоинформационное обслуживание;
- АИУ** – аудиоинформационное устройство;
- АЛ** – абонентская линия;
- АТС** – автоматическая телефонная станция;
- А-ТфОП-АС** – Абонент-ТфОП-Акустическая среда;
- ГТС** – городская телефонная станция;
- ДИ** – дополнительная информация;
- ИКТ** – информационные и коммуникационные технологии;
- МЭА** – международное энергетическое агентство;
- НИ** – накопитель информации;
- НРИ** – накопитель речевой информации;
- ОЭСР** – организация экономического сотрудничества и развития;
- ТН** – телефонная нумерация;
- ТО** – телефонное общение;
- ТС** – телекоммуникационные системы;
- ТфОП** – телефонная сеть общего пользования;
- УТС** – установление телефонного соединения;
- ЧМС** – человек – машина – среда;
- GPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)** – гигабитная пассивная оптическая сеть;
- IP (Internet Protocol)** – досл. «межсетевой протокол»;
- ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)** – Международный союз электросвязи;
- NP (Network Performance)** – качество функционирования сети.
- QoE (Quality of Experience)** – качество восприятия телефонных услуг связи;
- QoS (Quality of Service)** – качество услуги;
- VoIP (Voice over IP)** – телефонная связь по протоколу IP.

Список литературы

1. Вемян Г. В. Качество телефонной передачи и его оценка. М.: «Связь», 1970.
2. Рысин Ю.С., Терехов А.Н. Методика выявления и оценки факторов, влияющих на качество услуг телефонной связи, учитывающая психофизиологию восприятия информации абонентом, при модернизации ГТС. Труды конференции. «Телекоммуникационные и вычислительные системы». Москва, МАИ, ноябрь 2011г.,– С.207-208.
3. Зверев Б. В., Зелевич Е. П. Социально ориентированные услуги связи. М.: «Радио и связь», 2005.
4. ГОСТ Р 51061-97. Системы низкоскоростной передачи речи по цифровым каналам. Параметры качества речи и методы измерений.
5. ГОСТ Р 53727 -2009. Качество услуги «Местная телефонная связь». Показатели качества.
6. Вемян Г. В. Передача речи по сетям электросвязи. М.: «Радио и связь», 1985.
7. Губин Н. М., Матлин Г. М. Качество связи. Теория и практика. М.: «Радио и связь», 1986. – 272 с.
8. Выходцев А. В., Гитлиц М. В., Ковалгин Ю. А. Радиовещание и электроакустика. М.: «Радио и связь», 1989. – 432 с.
9. Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие. М.: «Мир», 1966. – С. 201 – 211.
10. Лидский Э. А. Теория телетрафика. Екатеринбург, 2005.
11. Постановление правительства Москвы от 16 декабря 2003 г. № 1053-ПП. О дополнительных мерах по модернизации московской городской телефонной сети.
12. Разумов В. И., Терехов А. Н. Устройство передачи дискретной информации шумоподобными сигналами в многолучевых каналах с переменными параметрами. Патент на изобретение. Заявка № 2008113337 / 09 (014454).
13. Терехов А. Н. Многофункциональный цифровой автоинформатор. Депонирована в ЦНТИ «Информсвязь», 10. 06. 02, Св. № 2208. М., 2002. – С. 153 – 158.
14. Терехов А. Н. Элементная база памяти современных цифровых аудиоинформаторов. Материалы НТК ППС и ИТС, МТУСИ, 2003.– С. 93 – 95.
15. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Аудиоинформаторы на базе микроэлектронных многоуровневых ЗУ. Материалы НТК ППС и ИТС, МТУСИ, 2003. – С. 107 – 109.
16. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Аудиоинформационные устройства нового поколения. Материалы НТК ППС и ИТС, МТУСИ, 2003. – С. 109 – 112.
17. Покровский Н. Б. Расчёт и измерение разборчивости речи. М.: «Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио», 1962.
18. Зверев Б. В. Проблемы нормирования и сертификации качества услуг связи. Юбилейная научно-техническая конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, посвященная 80-летнему юбилею МТУСИ. Тезисы докладов. М., 2001. – С. 197 – 198.
19. Репина О. И. Искажения в телефонном тракте. М.: «Связь», 1978. – 176 с.
20. Васьков Ю. А., Пшеничников А. П. Принципы нормирования качества услуг связи. Международный форум информатизации (МФИ – 2003). Программа и труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы». М.: ООО «Инсвязьиздат», 2003. – С. 39 – 40.

21. ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости.
22. Введение в исследование операций. Вентцель Е.С. – М.: Советское радио, 1964, с. 392.
23. Терехов А. Н. Аудиоинформационные устройства – средство повышения комфортности телефонного общения. Вестник связи № 8, 2008. – С. 71 – 72.
24. Маркетинг в отраслях и сферах деятельности. М.: «Дашков и К», 2002.
25. Терехов А. Н. Повышение надёжности установления телефонного соединения за счёт использования аудиоинформационных устройств. Т-Comm-Телекоммуникации и транспорт, №2, 2011. – С. 44 – 46.
26. Федеральный закон «О связи» – №126-ФЗ. М., 2004.
27. Челенков А. Основы классификации услуг как маркетингового продукта. М., 1998.
28. Тепляков И. М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Учебное пособие. М.: «Радио и связь», 2004.
29. Гордиенко В. Н., Тверецкий М. С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. М.: «Горячая линия – Телеком», 2005.
30. Додд Аннабел З. Мир телекоммуникаций. Обзор технологий и отрасли. Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2002.
31. Терехов А. Н. Аудиоинформационные устройства на телефонной сети. Материалы НТК ППС и ИТС, Книга 2, МТУСИ, 2008. – С. 270 – 274.
32. Введение в эргономику. Методические указания к изучению дисциплины для студентов специальности «Информационные системы и технологии». Самара: «СамГАПС», 2004. – 21 с.
33. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Программа управления автоматизированным аудиоинформационным устройством с электропитанием от абонентской телефонной линии ГТС. РОСПАТЕНТ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008611467. М., 2008.
34. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Телефонный аудиоинформатор с питанием от абонентской линии ГТС. Вестник связи № 2, 2006. – С. 38 – 41.
35. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Условия сетевого электропитания сервисных абонентских терминалов. Материалы докладов НТК ППС и ИТС МТУСИ, Книга 1, М.: ООО «Инсвязьиздат», 2006.
36. ГОСТ 19.701-90 - Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения.
37. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Характеристики речевых накопителей с однокристалльными микроэлектронными устройствами. МИРЭА. Материалы НТК «Интерматик – 2009», 7 – 11 декабря 2009.
38. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Исследование характеристик микросхем записи/воспроизведения звука «Chip Coder» серии ISD. Депонирована в ЦНТИ «Информсвязь», 26.05.06, Св. № 2279. М., 2006. – С. 74 – 84.
39. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Электроакустические характеристики микросхем записи / воспроизведения звука ChipCorder ISD. МИРЭА. Материалы НТК «Молодые учёные – 2008», 10 – 13 ноября 2008.
40. Соболев В. Н. Информационные технологии в синтетической телефонии. М.: «Ириас», 2007.
41. Иванова Т. И. Абонентские терминалы и компьютерная телефония. М.: «Эко-Трендз», 1999. – 240 с.

42. Нетушила А. В. Справочное пособие по электротехнике и основам электроники. М.: «Высшая школа», 1986.
43. Манонина И. В., Терехов А. Н. Способы повышения энергетических показателей аудиоинформационных устройств. Международный форум информатизации (МФИ – 2009). Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы». М., 25 ноября 2009. – С. 116–119.
44. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Анализ вариантов создания универсального электронного носителя почтовой корреспонденции – «говорящего письма». Материалы докладов НТК ППС и ИТС МТУСИ. М.: ООО «Инсвязьиздат», 25 – 27 января 2005.– С. 125 –126.
45. Терехов А. Н., Орлов В. Г. Элементная база современных аудиоинформаторов. Международная НПК «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения». М., 2004. – С. 113 – 119.
46. Парфёнов Ю. А., Мирошников Д. Г. Последняя миля на медных кабелях. М.: «Эко-трендз», 2001.
47. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Оценка возможности использования абонентских линий ГТС для электропитания сервисных абонентских телефонных устройств. Депонирована в ЦНТИ «Информсвязь», 12. 07. 05, Св. № 2259. М., 2005. – С. 106 – 118.
48. Джон К. Беллами. Цифровая телефония. М.: «ЭКОТRENДЗ», 2004. – 640 с.
49. ГОСТ 7153-85. Аппараты телефонные общего применения. Общие технические условия.
50. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Оптимизация структуры аудиоинформаторов с микропроцессорным управлением. Депонирована в ЦНТИ «Информсвязь». 12. 07. 05, Св. № 2258. М., 2005.– С. 79 – 87.
51. Гражданкин А.И., Белов П.Г. Экспертная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. – 2000. №11 - С. 6-10.
52. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. – М.: ГНТП “Безопасность”, МИБ СТС – 1996.
53. ГОСТ Р 53532 -2009. Качество услуг связи. Показатели качества услуг телефонной связи в сети общего пользования. Общие требования.
54. РД 45.056-2000. Система показателей качества местной телефонной сети. Методика расчёта единичных и интегральных показателей качества для услуги «Предоставление местного телефонного соединения».
55. Чертыковцев В.К. Логистика человеко-машинных систем. Учебное пособие. Электронная версия. Самара 2001.
56. ГОСТ Р 53574-2009. Шум. Оценка раздражающего действия шума посредством социологических и социально-акустических обследований.
57. СТБ П 2104-2010. Услуга телефонии по IP-протоколу. Требования к параметрам качества и методы контроля.
58. http://www.tamos.ru/htmlhelp/voip-analysis/mos_rfactor.htm.
59. И. В. Сербин. Оценка значимости факторов в маркетинговых исследованиях банков. Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Экономика», 2005, №2
60. А.В. Кочеров. ТфОП – качество устойчивости или устойчивость качества // Вестник связи. – 2011. – №4. – С. 12-19.

61. ГОСТ Р 50779.21-2004 - Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
62. Добренчиков В.И., Кравченко А.И. Методы социологического исследования. – М.: Инфра-М, 2004.
63. Льюс Р., Галантер Е. Физические шкалы. – В сб.: Психологические измерения. Под ред. Л. Д. Мешалина. М.: «Мир», 1967. – С. 116 – 118.
64. Быков С. Ф., Журавлёв В. И., Шалимов И. А. Цифровая телефония. М.: «Радио и связь», 2003.
65. Терехов А. Н. Относительная методика экспресс-оценки качества передачи речи в аудиоинформационных системах. Материалы Международной научно-технической школы – конференции. М., 5 – 9 декабря 2006. – С. 175 – 179.
66. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Субъективно-статистическая оценка качества речевых сигналов аудиоинформационных устройств для телефонных сетей. Материалы НТК ППС и ИТС, Книга 2, МТУСИ, 2008. – С. 260 – 265.
67. Тихонов В. И., Харисов В. Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: «Радио и связь», 1991.
68. Давид Ворсано. Кодирование речи в цифровой телефонии. «Сети и системы связи», №1, 2006.
69. Шалимов И. А. Аналитический обзор систем кодирования речи. «Телекоммуникации». М., 2006, №2. – С. 7 – 15.
70. Шалимов И. А., Журавлёв В. И. Методы передачи речи по сетям связи. «Телекоммуникации». М., 2002, №4. – С. 13 – 24.
71. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Оценка качества речи в аудиоинформационных устройствах для телефонных сетей общего пользования. МИРЭА. Материалы НТК «Интерматик – 2008», 21 – 23 окт. 2008.
72. Ендальцев И. Г., Мелик-Гайказова Э. И., Певцов Н. В., Степанов С. Н., Харкевич А. Д. Влияние повторных вызовов на прямой пучок каналов междугородной сети. М.: «Электросвязь», 1989, № 2. – С. 40 – 44.
73. Рысин Ю. С. Социально-информационные опасности. М.: «Гелиос АРВ», 2007.
74. Попов О. Б., Рысин Ю. С. Основы физической акустики в фоноскопической экспертизе. Учебное пособие. М.: «Пресс Бюро», 2010. – 240 с.
75. Рысин Ю. С. Речевые информационные технологии в фоноскопической экспертизе. Учебное пособие. М.: «Пресс Бюро», 2010. – 416 с.
76. ГОСТ 20444-75. Потoki транспортные в населенных пунктах. Метод определения шумовой характеристики.
77. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
78. ГОСТ 12.1.003. ССБТ. Общие требования безопасности.
79. Дубровский Е. П. Основы телефонии и абонентские устройства городских телефонных сетей. Методическое пособие. М.: «Высшая школа», 1975. – 176 с.
80. Дубровский Е. П. Абонентские устройства ГТС. Справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: «Радио и связь», 1986. – 296 с.
81. Терехов А. Н. Устройство задержки интерактивного вещания. Материалы 16-й межрегиональной конференции МНТОРЭС им. А. С. Попова и МТУСИ «Обработка сигналов в системах наземной связи и оповещения». Пушкинские горы, М., 2002. – С. 72 – 75.

82. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика. Основы эконометрики (в 2-х т.). М.: «Юнити-Дана», 2001.– 1088 с.
83. Рысин Ю.С., Терехов А.Н. Методика оценки числа эффективных попыток вызова с учётом восприятия информации абонентом. Труды конференции. «Телекоммуникационные и вычислительные системы». Москва, МАИ, МФИ-2011, ноябрь 2011г.,– С.198-199.
84. ГОСТ 11515-75. Каналы и тракты звукового вещания. Основные параметры качества. Методы измерений.
85. Забродин Ю. М., Зинченко В. П., Ломов Б. Ф. Анализ структуры и организации памяти//Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения. М., 1980. С. 5—22.
86. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. Издание 13-е, исправленное. М.: «Наука», 1986.– 544 с.
87. Харченко М. А. Статистические таблицы. Справочное пособие. ВГУ: «Воронеж», 2000.
88. Терехов А. Н. Вероятность функционирования наугад выбранного аудиоинформационного устройства на произвольной абонентской линии. Т-Comm-Телекоммуникации и транспорт, №2, 2011. – С. 40 – 43.
89. ГОСТ 5237-83. Аппаратура электросвязи. Напряжение питания и методы измерений.
90. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Программа управления малогабаритным автоинформационным четырёхканальным программно-аппаратным комплексом. РОСПАТЕНТ. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003612619. М., 2003.
91. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Программа управления малогабаритным автоинформационным одноканальным программно-аппаратным устройством. РОСПАТЕНТ. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003612620. М., 2003.
92. ГОСТ 55388-2012. Система национальных стандартов в области качества услуг связи. Оценка качества услуг связи на основе мнений потребителей. Введен в действие 27. 12. 2012 г. № 2092-ст.
93. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: ЛКИ, 2007. – 400 с.
94. Иверсен В.Б. Разработка телеграфика и планирование сетей. ИНТУИТ, БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 526 с.
95. Лившиц Б. С., Пшеничников А. П., Харкевич А. Д. Теория телеграфика. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Связь, 1979 . 224 с.
96. Гершман И.Р. Модели и методы расчета абонентской нагрузки в сотовых сетях. Телеком-Проект. Июнь 1999.
97. Кривнова О. Ф. Управление общим темпом произнесения при автоматическом синтезе речи // Труды XV сессии Российского акустического общества РАО. Нижний Новгород. 2004.
98. Рысин Ю. С., Терехов А. Н. Место аудиоинформационных устройств в системе «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА – СРЕДА». Материалы 16-ой межрегиональной конференции МНТОРЭС им. А. С. Попова и МТУСИ «Обработка сигналов в системах наземной связи и оповещения». Пушкинские горы, М.: 2008. – С. 200 – 203.
99. Гольдштейн Б. С, Фрейнкмап В. А. Call-центры и компьютерная телефония. С-Петербург: «КХВ-Санкт-Петербург», 2002. – 240 с.

100. Крестьянинов С. В., Полканов Е. И., Шнепс-Шнеппе М. А. Интеллектуальные сети и компьютерная телефония. М.: «Радио и связь», 2001. – 240 с.
101. Ситняковский И. В., Мейкшан В.И., Маглицкий Б.Н. Цифровая сельская связь. Под ред. М. Д. Венедиктова. М.: «Радио и связь», 1994. – 248 с.
102. Концепция развития рынка телекоммуникационных услуг Российской Федерации. М.: «Связь-информ», 2001, № 10. – С. 9 – 32.
103. Концепция развития отрасли «Связь и информатизация» Российской Федерации. Под ред. Л. Д. Реймана и Л. Е. Варакина. М.: «МАС», 2001. – 340 с.
104. Системы и сети передачи информации. Учебное пособие для вузов. Под ред. Р. Б. Мазепы. М.: «Издательство МАИ», 2001.
105. Новосельский А. Ф. Алгоритмы сжатия информации. М.: «Сети», 1996, № 9 – 10. – С. 17 – 21.
106. Варламова О. С. Помехоустойчивые кодеки – будущее цифровой телефонии. М.: «Сети», 1997, № 10. – С. 28 – 33.
107. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Справочник. Под ред. Я. Д. Ширмана. М.: ЗАО «МАКВИС», 1998.
108. Радиотехнические системы передачи информации. Учебное пособие для вузов. Под ред. В. В. Калмыкова. М.: «Радио и связь», 1990.
109. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. М.: «Энергия», 1978.
110. Кувшинов Б. И. Сравнительная помехоустойчивость двоичных и М-ичных ($M > 2$) систем передачи дискретной информации. М.: «Электросвязь», 1973. – С. 70 – 71.
111. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. М.: «Высшая школа», 2000.
112. Теория электрической связи. Учебник для вузов. Под ред. Д. Д. Кловского. М.: «Радио и связь», 1998.
113. Орлов В. Г., Терехов А. Н. Схемотехника и программные средства в аудиоинформаторах нового поколения. Материалы 13-ой Межрегиональной конференции МНТОРЭС им. А. С. Попова. «Обработка сигналов в системах телефонной связи и вещания». Пушкинские горы, М., 2004.– С. 126 – 132.
114. Степанов С.Н., Иверсен В.Б. Способы уменьшения объема вычислений при расчете моделей систем связи с потерями, основанные на игнорировании маловероятных состояний. Проблемы передачи информации. Том 37, 2001. Вып. 3. С. 82 –96.
115. Венедиктов М. Д., Зелевич Е. П., Мишенков С. Л. О системном подходе к реабилитации плохослышащих. Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава научных и инженерно-технических сотрудников МТУСИ. Тезисы докладов. М.: МТУСИ, 1996. – С. 111 – 113.
116. Зелевич Е. П., Гвоздев Е. В. Анализ особенностей пользования терминалами систем телефонной связи плохослышащими абонентами. 5-й межрегиональный научно-технический семинар «Применение пластиковых карт и защита информации». Тезисы докладов. Москва – Сочи, МНТОРЭС им. А. С. Попова, МТУСИ, 2000. – С. 72 – 77.
117. Андропова Л. З., Арутюнян М. А. Анализ временных характеристик видов речи, применяемых при коррекции заикания. М.: «Дефектология», 1984, №4.

118. Шаврин С. С. Развитие теории и техники подавления эффекта электрического эха в телекоммуникациях. Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. М.: МТУСИ, 2009.
119. Хватцев М. Е. Предупреждение и устранение недостатков речи. Пособие для логопедов, студентов педагогических вузов и родителей. М.: «Каро», 2006. – 271 с.
120. Мелконов В. Ю., Рысин Ю. С., Терехов А. Н. Аудиоинформационные устройства для лечения заикания. Доклады 7-ой Международной НТК «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии ФРЭМЭ – 2008», Книга 2, Владимир, 2008. – С. 87 – 93.
121. Терехов А. Н. Устройство коррекции речи. МФИ–2008. М., 26 ноября 2008. – С. 277 – 279.
122. Разумов В. И. Оценка эффективности передачи шумоподобных сигналов по радиовещательным каналам. Материалы 15-й межрегиональной конференции МНТОРЭС им. А. С. Попова «Обработка сигналов в системах наземной связи и оповещения». Москва – Н. Новгород, 2007. – С. 132 – 138.
123. Манонина И. В., Рысин Ю. С., Терехов А. Н. Способы коррекции заикания. Международный форум информатизации (МФИ – 2009). Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы». М., 25 ноября 2009. – С. 330 – 333.
124. Фельдкеллер Р., Цвикер Э. Ухо как приемник информации. М.: «Связь», 1965. – 104 с.
125. Докучаев В. А., Иванова О. Н., Красавина З. А.. Толковый словарь терминов по системам, средствам и услугам связи. Под ред. профессора В. А. Докучаева. М.: «Радио и связь», 2003.
126. Крутицкая Н. Ч., Тихонравов А.В., Шишкин А.А. Аналитическая геометрия и линейная алгебра с приложениями. Группы, тензоры, численные методы. М.: «Моск. ун-т», 1991.
127. Манонина И.В., Рысин Ю.С., Терехов А. Н. Энергетические аспекты аудиоинформационных устройств. Т-Comm - Телекоммуникации и транспорт, №6, 2010. – С. 20 – 23.
128. Манонина И.В., Терехов А.Н. Программа управления аудиоинформационным устройством с «энергонезависимой» передачей речевой информации для ГТС. РОСПАТЕНТ – Свидетельство №2011611227, 2011.
129. Терехов А.Н. Проект методики расчёта оптимального количества аудиоинформационных устройств, необходимого для информирования абонентов ТфОП об изменении телефонной нумерации. Т-Comm - Телекоммуникации и транспорт, №4, 2012. – С. 79 – 82.
130. Терехов А.Н. Проект методики интегральной оценки качества телефонного общения при модернизации сетей и/или введении новых услуг связи. Т-Comm - Телекоммуникации и транспорт, №10, 2012. – С. 112 – 116.
131. Рысин Ю.С., Терехов А.Н. Алгоритм оценки влияния негативных факторов на качество телефонного общения. Т-Comm - Телекоммуникации и транспорт, №10, 2012. – С. 96 – 98.
132. Терехов А.Н. Анализ зарубежных методов оценки качества передачи речи. Труды конференции. «Телекоммуникационные и вычислительные системы». Москва, МАИ, ноябрь 2014– С. 211-212.
133. Манонина И.В., Терехов А. Н. Математическая модель распределения токов, обеспечиваемых посредством АЛ. Международная научно-техническая конференция. Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения «Интерматик – 2010». Материалы конференции, Часть 3. – М.: Энергоатомиздат, 23 – 27 ноября 2010. – С. 197 – 202.

134. Манонина И.В., Терехов А. Н. Выявление закона распределения токов потребления аудиоинформационных устройств с «энергонезависимой» передачей информации. Международный форум информатизации (МФИ – 2010). Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы». М.: Инсвязьиздат, 01 декабря 2010 – С. 86 – 90.
135. Рысин Ю.С., Терехов А.Н. Взаимосвязь речевых коммуникаций и информации. 20-ая МНТК «Современное телевидение и радиоэлектроника», 20-21 марта 2012 г., ФГУП «МКБ Электрон». М.: 2012. – С.53-57.
136. Рысин Ю.С., Терехов А.Н. Анализ результатов социологического опроса и моделирования качества речевых услуг при изменении телефонной нумерации. Труды конф. «Телекоммуникационные и вычислительные системы». Москва, МАИ, МФИ-2012, ноябрь 2012.– С.250 – 252.
137. Терехов А.Н. Оценка качества телефонных услуг, основанная на восприятии сложносоставных числительных, при модернизации сетей связи. Труды конференции. «Телекоммуникационные и вычислительные системы». Москва, МАИ, МФИ-2012, ноябрь 2012.– С.253-254.
138. Рысин Ю.С., Терехов А.Н. Влияние пауз при передаче сложносоставных числительных по IP-сетям связи на коэффициент эффективных попыток вызова. Международная НТК Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения «Интерматик – 2012». Материалы конференции, Часть 5. – М.: Энергоатомиздат, 3 – 7 декабря 2012. – С. 98 – 103.
139. Терехов А.Н. Исследование зависимости восприятия сложносоставных числительных от длительности пауз между их элементами. Труды конференции. «Телекоммуникационные и вычислительные системы». Москва, МАИ, МФИ-2013, ноябрь 2013.– С.205 – 207.
140. Кривнова О.Ф. Перцептивная и смысловая значимость просодических швов в связном тексте // Проблемы фонетики II. – М., 1995. С. 228-238.
141. Савин К.А. Проект Рекомендации МСЭ-Т Q.3915 –как общий подход к тестированию услуг NGN. Международная конференция опыт реализации систем контроля параметров функционирования сети для обеспечения качества услуг в сетях операторов связи. М.: 27-29 апреля 2011.
142. Об утверждении Требований к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования. Приказ Мининформсвязи РФ.-2007.- №113.
143. Кочеров А.В. Качество и устойчивость ТфОП это просто. Т-Comm - Телекоммуникации и транспорт. 2010.
144. Андреев Д.В., Вискова, Е.В. Шалагинов В.А. «Технологическое развитие и подходы к обеспечению QoS и SLA операторами связи», Вестник связи №11, 2010
145. Аджемов А.С., Гуркин Д.В, Кочнева ТА., Крупнов А.Е., Кучерявый А.Е., Самуйлов К.Е., Слипень В.А., Соловьев С.П., Торгашин В.И. Принципы построения сети ОКС 7 на ЕСЭ Российской Федерации. - М.: Изд. ФГУП ЦНИИС, 2004.
146. Алехин В.В., Летников А.И. Основные этапы развития и реконструкции сети при внедрении новых технологий// Электросвязь. 2007 - № 4.
147. Барсков А.Г. Анализ систем IMS. // Сети и системы связи. 2006. - №1.
148. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика. М.: Изд-во РУДН, 2004.
149. Башарин Г. П., Самуйлов К. Е. Современный этап развития теории телетрафика // Информационная математика. 2001. - № 1

150. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания. М.: Изд-во РУДН, 1995.
151. Васильев А.Б., Соловьев С.П., Кучерявый А.Е. Системно- сетевые решения по внедрению технологии NGN на российских сетях связи // Электросвязь. -2005.-№3.
152. Гольцов А.В. Эволюция сети МГТС // Электросвязь. 2005. - № 9.
153. Гольцов А.В., Дедоборщ В.Г. Взаимозависимость темпов реконструкции сети и освоения технологий новых услуг // Электросвязь. 2006. - № 11.
154. Гольцов А.В., Летников А.И. Развитие сети ОАО «МГТС» при внедрении новых технологий// Труды LX конференции РНТО РЭС им. А.С. Попова. -М.: Инсвязьиздат, 2005.
155. Ефимова Н.В. Пути перехода к сетям NGN в России // Электросвязь. 2004. -№ 6.
156. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. -М.: Радио и связь, 1996.
157. Куликов К.В., Нетес В.А. Опыт совершенствования процессом управления трафиком и качеством работы телефонной сети // Электросвязь. 2006. - № 9.
158. Летников А.И. План нумерации сети ОАО «МГТС» при задействовании зональных кодов 095 и 499 // Электросвязь 2005. - № 5.
159. Летников А.И., Глазунова Н.С. МГТС смотрит в будущее //Век качества 2005 -№3.
160. Летников А.И. Перспективы перевода МГТС на 10-ти значную систему нумерации// Вестник связи 2006 - № 10.
161. Летников А.И. Основные направления реконструкции и развития ОАО "МГТС " на базе новых телекоммуникационных технологий. Труды конференции "Телекоммуникационные и вычислительные системы". М.: Инсвязьиздат, 2006.- С. 17-18 .
162. Летников А.И., Пшеничников А.П. Системный подход к решению проблемы реконструкции Московской городской телефонной сети. Московская отраслевая научно-техническая конференция "Технологии информационного общества". М.: Инсвязьиздат, 2007. - С. 14-15.
163. Летников А.И. Пшеничников А.П. Системный подход к решению проблемы реконструкции Московской городской телефонной сети // Вестник связи -2007. № 7.-С.46-50.
164. Мардер Н.С. Варианты нумерации при различных сценариях междугородной связи // Вестник связи. 2005. - № 2.
165. Нетес В.А. Мультисервисные сети: сумма технологий // Электросвязь 2004. -№ 9.
166. Нетес В.А. Основные принципы GMPLS // Вестник связи. 2006. - № 3.
167. ITU-T Recommendation P.10/G.100. Vocabulary for performance and quality of service. Amendment 1. Definition of Quality of Experience (QoE), 2006.
168. ITU-T P.862.1 Series p: telephone transmission quality, telephone installations, local line networks. (Methods for objective and subjective assessment of quality).
169. ITU-T Recommendation G.712. Transmission performance characteristics of pulse code modulation.
170. Press conference IEA «Gadgets and Gigawatts», Paris, 13 May 2009.
171. www.iea.org
172. ITU-T Recommendation P.800. Telephone transmission quality MOS (Mean Opinion Score).
173. ITU-T P.861 Objective quality measurement of telephone-band (300 – 3400 Hz) speech codecs.

174. L. De Nil and H.G. Bosshardt. Studying stuttering from neurological and cognitive information processing perspective. Proceedings of the Third World Congress of Fluency Disorders in Nyborg, Denmark, pp. 53 – 59, 2000.
175. ITU-T. Recommendation G.107. The E-model: a computational model for use in transmission planning. Amendment 1. 06/2012.
176. QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems. Edited by David Soldani, Man Li and Renaud Cuny © 2006 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-01639-6.
177. Veljkovic Srdjan. Erlang B and Engset formula calculation. GVS, November 2010.
178. Singl-Chip Voice Record/Playback Divices. ISD – April 1998.
179. Electronics Corporation America. <http://www.winbond-usa.com>.
180. ITU-T. Recommendation G.108. Application of the E-model: A planning guide. Amendment 2. 03/2004.
181. ITU-T. Recommendation G.109. Definition of categories of speech transmission quality. Amendment 1. 01/2007.
182. ITU-T. Recommendation G.711. Pulse code modulation of voice frequencies. a-law PCM.
183. ITU-T. Recommendation G.711. Pulse code modulation of voice frequencies. μ -law PCM.
184. ITU-T. Recommendation G.726 (G.721). Adaptive differential pulse code modulation.
185. ITU-T. Recommendation G.722.1. 7 khz audio-coding within 64 kbit/s.
186. ITU-T. Recommendation G.728. Coding of speech at 16 kbit/s using low-delay CELP.
187. ITU-T. Recommendation E.164. The international public telecommunication numbering plan.
188. Fathi H., Chakraborty S. S., Prasad R. I. On SIP Session setup delay for VoIP services over correlated fading channels // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2006; vol. 55.
189. ITU-T Recommendation Y.2013: Converged services framework functional requirements and architecture // ITU-T, December 2006.
190. ITU-T Recommendation Y.2091: Terms and definitions for Next Generation Networks // ITU-T, March 2007.
191. Poikselka M., Niemi A., Khartabil H., Mayer G. The IMS: IP Multimedia Concepts and Services. Wiley - 2006.
192. Definition of Quality of Experience (QoE). Reference: TD 109rev2 (PLEN/12), ITU.
193. Rubino G. Quantifying the Quality of Audio and Video Transmissions over the Internet: The PSQA Approach // Communication Networks & Computer Systems. Chapter 14. France, 2005.
194. Hyun-Jong Kim¹, Dong-Hyeon Lee¹ и др. The QoE Evaluation Method through the QoS-QoE Correlation Model. Fourth International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management.
195. QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems. Edited by David Soldani, Man Li and Renaud Cuny © 2006 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-01639-6.
196. ITU-T. Recommendation E.161.1: Guidelines to select Emergency Number for public telecommunications networks.
197. ITU-T. Recommendation E.164.1: Criteria and procedures for the reservation, assignment and reclamation of E.164 country codes and associated identification codes (ICs).
198. ITU-T. Recommendation E.164.2: E.164 numbering resources for trials.

199. ITU-T. Recommendation E.164.3: Principles, criteria and procedures for the assignment and reclamation of E.164 country codes and associated identification codes for groups of countries.
200. ITU-T. Recommendation E.165/Q.11 ter: Timetable for coordinated implementation of the full capability of the numbering plan for the ISDN era (Recommendation E.164).
201. ITU-T. Recommendation E.165.1: Use of escape code "0" within the E.164 numbering plan during the transition period to implementation of NPI mechanism.
202. ITU-T. Recommendation E.166/X.122: Numbering plan interworking for the E.164 and X.121 numbering plans.
203. ITU-T. Recommendation E.167: ISDN Network Identification Codes.
204. ITU-T. Recommendation E.168: Application of E.164 numbering plan for UPT.
205. ITU-T. Recommendation E.168.1: Assignment procedures for universal personal telecommunications (UPT) numbers in the provisioning of the international UPT service.
206. ITU-T. Recommendation E.169: Application of Recommendation E.164 numbering plan for universal international numbers for international telecommunications services using country codes for global services.
207. ITU-T. Recommendation E.169.1: Application of Recommendation E.164 numbering plan for universal international freephone numbers for international freephone service.
208. ITU-T. Recommendation E.169.2: Application of Recommendation E.164 numbering plan for universal international premium rate numbers for the international premium rate service.
209. ITU-T. Recommendation E.169.3: Application of Recommendation E.164 numbering plan for universal international shared cost numbers for international shared cost service.
210. ITU-T. Recommendation G.100.1: The use of the decibel and of relative levels in speechband telecommunications.
211. ITU-T. Recommendation G.101: The transmission plan.
212. ITU-T. Recommendation G.102: Transmission performance objectives and Recommendations.
213. ITU-T. Recommendation G.103: Hypothetical reference connections.
214. ITU-T. Recommendation G.105: Hypothetical reference connection for crosstalk studies.
215. ITU-T. Recommendation G.107.1: Wideband E-model.
216. ITU-T. Recommendation G.108.1: Guidance for assessing conversational speech transmission quality effects not covered by the E-model.
217. ITU-T. Recommendation G.108.2: Transmission planning aspects of echo cancellers.
218. ITU-T. Recommendation G.111: Loudness ratings (LRs) in an international connection.
219. ITU-T. Recommendation G.113: Transmission impairments due to speech processing.
220. ITU-T. Recommendation G.114: One-way transmission time.
221. ITU-T. Recommendation G.115: Mean active speech level for announcement and speech synthesis systems.
222. ITU-T. Recommendation G.116: Transmission performance objectives applicable to end-to-end international connections.
223. ITU-T. Recommendation G.117: Transmission aspects of unbalance about earth.
224. ITU-T. Recommendation G.711.0: Lossless compression of G.711 pulse code modulation.

225. ITU-T. Recommendation G.711.1: Wideband embedded extension for ITU-T G.711 pulse code modulation.
226. ITU-T. Recommendation G.718: Frame error robust narrow-band and wideband embedded variable bit-rate coding of speech and audio from 8-32 kbit/s.
227. ITU-T. Recommendation G.719: Low-complexity, full-band audio coding for high-quality, conversational applications.
228. ITU-T. Recommendation G.720: Characterization of low-rate digital voice coder performance with non-voice signals.
229. ITU-T. Recommendation G.720.1: Generic sound activity detector.
230. ITU-T. Recommendation G.722.1: Low-complexity coding at 24 and 32 kbit/s for hands-free operation in systems with low frame loss.
231. ITU-T. Recommendation G.722.2: Wideband coding of speech at around 16 kbit/s using Adaptive Multi-Rate Wideband (AMR-WB).
232. ITU-T. Recommendation G.723.1: Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s.
233. ITU-T. Recommendation G.724: Characteristics of a 48-channel low bit rate encoding primary multiplex operating at 1544 kbit/s.
234. ITU-T. Recommendation G.725: System aspects for the use of the 7 kHz audio codec within 64 kbit/s.
235. ITU-T. Recommendation G.727: 5-, 4-, 3- and 2-bit/sample embedded adaptive differential pulse code modulation (ADPCM).
236. ITU-T. Recommendation G.729: Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (CS-ACELP).
237. ITU-T. Recommendation G.729.1: G.729-based embedded variable bit-rate coder: An 8-32 kbit/s scalable wideband coder bitstream interoperable with G.729.
238. ITU-T. Recommendation G.1000: Communications Quality of Service: A framework and definitions.
239. ITU-T. Recommendation G.1010: End-user multimedia QoS categories.
240. ITU-T. Recommendation G.1011: Reference guide to quality of experience assessment methodologies.
241. ITU-T. Recommendation G.1020: Performance parameter definitions for quality of speech and other voiceband applications utilizing IP networks.
242. ITU-T. Recommendation G.1021: Buffer models for development of client performance metrics.
243. ITU-T. Recommendation G.1029: Voice service diagnosis framework.
244. ITU-T. Recommendation P.501: Test signals for use in telephony.
245. ITU-T. Recommendation P.502: Objective test methods for speech communication systems using complex test signals.
246. ITU-T. Recommendation P.505: One-view visualization of speech quality measurement results.
247. ITU-T. Recommendation P.561: In-service non-intrusive measurement device – Voice service measurements.

248. ITU-T. Recommendation P.562: Analysis and interpretation of INMD voice-service measurements.
249. ITU-T. Recommendation P.564: Conformance testing for voice over IP transmission quality assessment models.
250. ITU-T. Recommendation P.581: Use of head and torso simulator for hands-free and handset terminal testing.
251. ITU-T. Recommendation P.800: Methods for subjective determination of transmission quality.
252. ITU-T. Recommendation P.800.1: Mean Opinion Score (MOS) terminology.
253. ITU-T. Recommendation P.800.2: Mean opinion score interpretation and reporting.
254. ITU-T. Recommendation P.805: Subjective evaluation of conversational quality.
255. ITU-T. Recommendation P.806: A subjective quality test methodology using multiple rating scales.
256. ITU-T. Recommendation P.810: Modulated noise reference unit (MNRU).
257. ITU-T. Recommendation P.830: Subjective performance assessment of telephone-band and wideband digital codecs.
258. ITU-T. Recommendation P.831: Subjective performance evaluation of network echo cancellers.
259. ITU-T. Recommendation P.832: Subjective performance evaluation of hands-free terminals.
260. ITU-T. Recommendation P.833: Methodology for derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests.
261. ITU-T. Recommendation P.833.1: Methodology for the derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests for wideband speech codecs.
262. ITU-T. Recommendation P.834: Methodology for the derivation of equipment impairment factors from instrumental models.
263. ITU-T. Recommendation P.834.1: Extension of the methodology for the derivation of equipment impairment factors from instrumental models for wideband speech codecs.
264. ITU-T. Recommendation P.835: Subjective test methodology for evaluating speech communication systems that include noise suppression algorithm.
265. ITU-T. Recommendation P.840: Subjective listening test method for evaluating circuit multiplication equipment.
266. ITU-T. Recommendation P.851: Subjective quality evaluation of telephone services based on spoken dialogue systems.
267. ITU-T. Recommendation P.862: Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs.
268. ITU-T. Recommendation P.862.1: Mapping function for transforming P.862 raw result scores to MOS-LQO.
269. ITU-T. Recommendation P.862.2: Wideband extension to Recommendation P.862 for the assessment of wideband telephone networks and speech codecs.
270. ITU-T. Recommendation P.862.3: Application guide for objective quality measurement based on Recommendations P.862, P.862.1 and P.862.2.
271. ITU-T. Recommendation P.863: Perceptual objective listening quality assessment.
272. ITU-T. Recommendation P.863.1: Application guide for Recommendation ITU-T P.863.
273. ITU-T. Recommendation P.880: Continuous evaluation of time-varying speech quality.

ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

П 1.1 Длительность обслуживания абонентов

Длительность набора любого набираемого номера можно определить из формулы:

$$t_{\text{набора номера}} = \sum_{n=1}^k \left(t_{\text{набора цифры}} + t_{\text{паузы}} \right), \quad (\text{П 1.1})$$

где k – количество цифр в номере.

$$t_{\text{набора цифры}} = mT, \quad (\text{П 1.2})$$

где m – набираемая цифра, T – период набора одного элемента цифры:

$$t_{\text{набора номера}} = \sum_{n=1}^k (mT + t_{\text{паузы}}). \quad (\text{П 1.3})$$

Таблица П1.1. Длительность набора цифры при разных способах набора номера

Тип набора номера	Длительность набора цифры, мс										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	$t_{\text{паузы, min}}$
Импульсный	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	100
Тональный	40										

Минимальная длительность номера при использовании импульсного способа набора номера при семизначной нумерации будет у телефонного номера 111–11–11 – $t_{\text{min}} = 1,4 \text{ с}$.

Максимальная длительность набора номера при использовании импульсного набора номера при семизначной нумерации будет у телефонного номера 000–00–00 – $t_{\text{max}} = 7,7 \text{ с}$.

Среднюю длительность набора номера можно определить из формулы:

$$\bar{t} = \frac{t_{\text{min}} + t_{\text{max}}}{2} = 4,55 \text{ с}. \quad (\text{П 1.4})$$

При тональном способе набора номера минимальная длительность равна максимальной и соответственно равна средней длительности набираемого номера.

$$t_{\text{min}} = t_{\text{max}} = \bar{t} = 0,56 \text{ с}. \quad (\text{П 1.5})$$

Переход на 10-значную нумерацию – введение дополнительного набора кода выхода на междугородную и международную связь цифры «8» и трёх цифр кода «499» или «495» приведёт к увеличению времени обслуживания абонентов.

Увеличение длительности обслуживания абонентов при тональном способе набора номера составит: $\Delta t_{\text{мон}(8\ 499)} = \Delta t_{\text{мон}(8\ 495)} = t_8 + t_{\text{ожид}} + t_4 + t_9 + t_{9(5)} + 3t_{\text{паузы}} = 1,78 \text{ с}$. (П 1.6)

Увеличение длительности обслуживания абонентов при импульсном способе набора номера составит:

$$\Delta t_{\text{имп}(8\ 499)} = t_8 + t_{\text{ожид}} + t_4 + 2t_9 + 3t_{\text{паузы}} = 0,8 + 1,5 + 0,4 + 2 \cdot 0,9 + 3 \cdot 0,1 = 4,8 \text{ с},$$

$$\Delta t_{\text{имп}(8\ 495)} = t_8 + t_{\text{ожид}} + t_4 + t_9 + t_5 + 3t_{\text{паузы}} = 0,8 + 1,5 + 0,4 + 0,9 + 0,5 + 3 \cdot 0,1 = 4,4 \text{ с}. \quad (\text{П 1.7})$$

Как видно из результатов расчётов формулы 1.9, время обслуживания абонентов увеличится на 1,66 с при использовании тонового и на 4,5 с при импульсном наборе номера.

Таблица П 1.2. Увеличение длительности набора номера при изменении нумерации

Тип набора номера	Длительность набора семизначного номера, с			Увеличение длительности набора номера, с		
	минимальная, t_{min}	максимальная, t_{max}	средняя, \bar{t}	код 499, $\Delta t_{8\ 499}$	код 495, $\Delta t_{8\ 495}$	средняя, $\Delta \bar{t}$
Импульсный	1,4	7,7	4,55	4,8	4,4	4,6
Тональный	0,56			1,78		

П 1.2 Приоритеты составляющих качества восприятия телефонных услуг связи

Таблица П 1.3. Приоритеты составляющих качества восприятия телефонных услуг связи

Показатели (критерии) качества восприятия телефонных услуг связи	Приоритеты взаимодействия абонентов		
	между собой	с АИУ	
		груп.	индивид.
Смысловая разборчивость	1	1	1
Взаимная узнаваемость абонентов	1	0	1
Натуральность (естественность)	1	0,5	1
Акустические условия	при приёме	1	1
	на передаче	1	0,5
Возможность быстрого повтора информации	1	0	0,5
Чёткость формулировки при общении	0	0,5	0,5
Защита канала передачи от доступа	1	0,5	1
Защита информации от прослушивания	0,5	0	0,5

В работе рассмотрены технологически-организационные компоненты информационного пространства, которые подразделяются на:

1. Информационные ресурсы на носителях, прежде всего – специализированные массивы в виде автоматизированных баз данных (АБД), а также распределенные ресурсы в сетях: Интернет, ГТС на носителях АИУ.
2. Рынок информационных технологий, средств связи, информатизации и телекоммуникаций, АИУ и др.
3. Человек и окружающая его среда (информационное пространство) постоянно взаимодействуют, а значит влияют на состояние друг друга [98].

Таблица П 1.4. Приоритеты информационных составляющих

Информационные составляющие	Музыка	Речь	Приоритеты при взаимодействии абонента с АИУ	
			групповые	индивидуальные
Смысловая	0	1	1	1
Эмоциональная	1	1	0	0,5
Идентификационная	1	1	0	1

П 1.3 Аналитический обзор АИУ и накопителей речевой информации

П 1.3.1 Автоинформаторы *Music On Hold (MOH)*

Во всех современных телефонных станциях реализуется функция удержания линии — в течение некоторого времени звучит электронная музыка. Ее воспроизведение преследует две цели: во-первых, абонента постоянно оповещают о том, что связь не прервалась и его скоро соединят с нужным сотрудником, а во-вторых, это позволяет отвлечь абонента от ожидания. Независимые исследования показали, что семь из десяти позвонивших не сразу соединяются с нужным им абонентом.

Технические возможности современных офисных и учрежденческих АТС позволяют увеличить репертуар воспроизводимых мелодий. Большинство этих станций имеют внешний вход *MOH*, используемый для подключения радиоприемника, *CD*-проигрывателя или любого другого устройства, которое обеспечивает постоянное воспроизведение музыки. Однако звучание даже самой хорошей музыки не гарантирует, что абонент после минуты ожидания или более не повесит трубку (а именно так и происходит в 50% случаев). Причина этого проста — абоненты не хотят тратить свое время попусту. Они звонят, потому что им нужно получить необходимую информацию. В связи с этим остро встает вопрос о рациональном использовании времени ожидания соединения звонящего с нужным ему сотрудником или отделом.

П 1.3.2 Автоинформаторы для абонентских линий

Автоинформаторы для абонентских линий значительно повышают информативность обработки поступающих телефонных вызовов. Их подключают вместо обычного телефона через аналоговую линию к любому типу АТС. В ответ на каждый вызов данные автоинформаторы воспроизводят дневное или ночное сообщение, после чего переключают его на запрограммированный внутренний номер или просто вешают трубку.

Многие организации устанавливают такие устройства в помощь загруженным операторам. Если все операторы заняты, поступающий вызов переключается на автоинформатор, который после воспроизведения сообщения возвращает этот вызов обратно. Таким образом, любые специальные предложения, сообщения о рекламной кампании и другая важная информация в ненавязчивой форме будут донесены до каждого звонящего прежде, чем ему ответит оператор. Сотрудникам не придется тратить лишнее время и повторять одни и те же слова каждому абоненту.

В ночном режиме работы автоинформатора сообщение может передавать аналогичную информацию в краткой форме или просто выражать благодарность за звонок с предложением перезвонить в рабочее время. Большинство таких автоинформаторов позволяют записывать сообщения для каждой линии и обеспечивают их независимое воспроизведение. Применение автоинформаторов гарантирует любому офису возможность круглосуточно доносить важную информацию до каждого звонящего абонента, при этом не отнимая у него лишнего времени. Эти устройства могут эффективно использоваться вместе со стандартным оборудованием офисной телефонии.

П 1.3.3 Автоинформаторы для соединительных линий

Существует разновидность телефонных автоинформаторов, предназначенных для использования на соединительных линиях с интерфейсом *E&M*. Такие устройства обладают более широкими возможностями, но реализовать их можно, только подключив автоинформаторы к большим или специализированным АТС. Используя всего только один порт телефонной станции, с помощью этих устройств можно доносить записанную информацию сразу до множества абонентов. Автоинформаторы для соединительных линий имеют различные режимы предоставления информации, которые активизируются в зависимости от функциональных возможностей АТС и применяемого в ней алгоритма обработки вызовов. В результате абоненты всегда прослушивают записанную информацию от начала и до конца один раз или до тех пор, пока не повесят трубку или не произойдет соединение с нужным номером.

В России подобные автоинформаторы широко используются операторами телефонной связи. Обычно именно они извещают о неправильно набранном междугородном/международном номере, невозможности соединения по каким-либо причинам с абонентом сотовой сети, занятости всех телефонных линий организации, пользующейся услугами альтернативных операторов телефонной связи, и т. д. На Западе такие автоинформаторы находят применение в работе центров обработки телефонных вызовов для доведения до абонентов справочной информации в случае занятости всех операторов. Взаимодействие данных автоинформаторов с АТС осуществляется через стандартные двух- или четырехпроводные линии *E&M* (600 Ом). В силу специфического применения автоинформаторы данного класса не являются продуктом массового потребления и выпускаются немногими фирмами, нередко по заказам производителей больших АТС.

П 1.4 Подходы к определению артикуляции: статистический и вероятностный

Существуют два подхода к определению артикуляции: статистический и вероятностный [6, 17]. В первом случае артикуляция понимается как отношение правильно воспринятых на приемном конце формант к общему числу переданных, во втором – рассматриваются вероятности правильного приема форманты – A , звука – D , слога – S , слова – W , фразы – I , являющихся выражением артикуляции соответственно для формант, звуков, слогов, слов и фраз:

$$S = 0,8D^3 + 0,2D^4, \quad (\text{П 1.8})$$

$$W = \sum_{m=1}^n \frac{P_m}{1 + k_m \left(\frac{1}{D_m} - 1 \right)}, \quad (\text{П 1.9})$$

$$I = \frac{1}{1 + 0,1 \left(\frac{1}{W_g} - 1 \right)}, \quad (\text{П 1.10})$$

где m – число звуков в слове; p_m – относительное число слов из m звуков в словах русского языка ($p_m = 0,017 - 0,142$); k_m – относительное число комбинаций, имеющих смысл слова, среди всех возможных комбинаций из m звуков ($k_m = 0,084$ при $m=2$; $k_m = 0,097$ при $m = 3$; $k_m = 0,024$ при $m = 4$; $k_m = 0,003$ при $m = 5$; $k_m = 0$ при $m > 5$); g – среднее число слов в фразе (в русском языке $g = 5$).

Исходя из того, что все виды артикуляции взаимосвязаны, не имеет принципиального значения, каким из них пользоваться для оценки верности восприятия речи. Однако необходимо помнить, что только фразы содержат законченную мысль, и поэтому именно они должны рассматриваться как конечная продукция систем телефонной связи. В силу этого для оценки качества функционирования сетей связи применяется фразовая артикуляция (разборчивость).

Допустим, что по телефонному тракту, влияющему на фразовую артикуляцию I , должен быть передан объем сообщений V_0 . Зная, что $I \neq 1$, можно предположить, что не все фразы будут правильно приняты абонентами, а следовательно, будут иметь место переспросы и повторная передача невоспринятых фраз, при которой какая-то их часть, определяемая величиной I , опять не будет понята абонентом и, следовательно, снова потребует повторение передачи какой-то части информации и т. д. Таким образом, объем фактически переданной по телефонному тракту информации будет больше первоначального ее объема на величину, зависящую от фразовой разборчивости. Оценим такое увеличение объема передаваемых сообщений.

Фактически переданный объем сообщений обозначим через V_ϕ . Очевидно, что $V_\phi - V_0 = V_{\text{пот}}$, где $V_{\text{пот}}$ – увеличение объема передаваемой информации из-за недостаточного качества тракта телефонной связи. Как видим, вероятность передачи объема сообщений без переспросов и повторений равна фразовой разборчивости, т. е. однократно по тракту телефонной связи можно только передать весь объем информации, а вот правильно воспринять на приемном конце – лишь часть этого объема (IV_0).

Пренебрегая объемом информации, связанным с переспросом, можно предположить, что передача объема сообщений $V_0 - IV_0$ будет повторена. Вероятность этого равна вероятности того, что при однократной передаче информация не будет полностью правильно принята ($1 - I$). При повторной передаче объема сообщений $V_0 - IV_0$ правильно будет принят объем $I(V_0 - IV_0)$. Следовательно, потребуется еще одна, третья, передача объема сообщений $V_0 - IV_0 - (V_0 - IV_0) = (1 - I)^2 V_0$, где $(1 - I)^2$ – вероятность того, что часть объема сообщений будет принята трижды.

Тогда $V_\phi = V_0 + (1 - I)V_0 + (1 - I)^2 V_0 + \dots + (1 - I)^{n-1} V_0$, где n – максимальное число передаваемых сообщений.

Отсюда $V_{\text{пот}} = V_\phi - V_0 = (1 - I)V_0 + (1 - I)^2 V_0 + \dots + (1 - I)^{n-1} V_0$, или

$$V_{\text{пот}} = V_{\phi} - V_0 = V_0 \frac{(1-I) \left[1 - (1-I)^{n-1} \right]}{1 - (1-I)}. \quad (\text{П 1.11})$$

Так как $(1 - I)^{n-1} \rightarrow 0$, то $V_{\text{пот}} = V_0(1 - I)/I$.

П 1.5 Обзор существующих документов

П 1.5.1 Оценка качества услуг связи

Оценка качества услуг связи основана на следующих принципах:

- оценка качества услуг, проводимая с позиции пользователя;
- обеспечение полноты оценки качества услуг;
- использование системы количественной оценки качества услуг.

Основной подход к оценке качества услуг связи должен состоять в том, что мнение пользователя представляет собой конечную меру качества услуг. При этом система показателей качества услуги должна характеризовать основные потребительские свойства услуги: доступность, надежность, качество обслуживания и др.

Система показателей качества услуги должна характеризовать основные потребительские свойства услуги на всех этапах ее оказания: доступа к услуге, собственно предоставления услуги, поддержки услуги.

Из-за неотделимости процесса производства от процесса потребления услуг связи система показателей качества услуг должна включать в себя наряду с показателями качества работы сети электросвязи показатели качества обслуживания пользователей.

С целью охарактеризовать качество услуги необходимо применять такие методы сбора и обработки информации, которые позволяют получить количественную оценку качества услуги.

П 1.5.2 Качество услуг связи. Претензии. Ответственность

Абонент и/или пользователь услуг связи вправе предъявить претензию оператору связи за неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по оказанию услуг связи. Претензия, которую предъявляют в письменной форме, подлежит регистрации оператором связи в день ее получения и рассмотрению им в срок не более 60 дней с даты регистрации. Абонент и/или пользователь услуг связи вправе подать жалобу на решения и действия (бездействие) должностного лица, оператора связи, связанные с оказанием услуг, в адрес административных или судебных органов. В случае ненадлежащего оказания услуг связи абонент и/или пользователь вправе потребовать безвозмездного устранения недостатков либо возмещения потерь, либо соответствующего уменьшения стоимости услуги.

За неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по договору оказания услуг связи, в том числе по качеству услуг, оператор несет ответственность в соответствии с с Федеральным законом Российской Федерации от 7 июля 2003 г. N 126-ФЗ "О связи", Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 мая 2005 г. N 328 "Об утверждении Правил оказания услуг подвижной связи" и Постановление Правительства Российской Федерации от 18 мая 2005 г. N 310 "Об утверждении Правил оказания услуг местной, внутризоновой, междуго-

родной и международной телефонной связи" (с изменениями от 30 июня, 29 декабря 2005 г., 5 февраля, 25 июля 2007 г., 16 февраля 2008 г., 10 марта 2009 г.).

П 1.5.3 Критерии выбора основных факторов, определяющих качество услуг связи

Литературные источники, посвящённые оценке качества предоставления услуг по передаче речи по каналам связи, отобраны по следующим критериям:

- определяющие законодательную базу;
- содержащие общие требования, рекомендации и положения, а также показатели и термины и определения услуг связи;
- включающие методы и методики оценки качества предоставления услуг связи.

П 1.5.4 Анализ методов, методик, ГОСТ, РД и литературных источников

В соответствии с П 1.5.3 в таблице П 1.5 приведена классификация нормативных документов, адаптируемых к проекту разрабатываемой методики оценки восприятия пользователем *QoE*, объединённые в группы по общим признакам.

Таблица П 1.5. Групповая классификация

Группа 1. Документы, определяющие законодательную базу при предоставлении услуг связи	
1	Федеральный закон Российской Федерации от 7 июля 2003 г. N 126-ФЗ "О связи"
2	Постановление Правительства Российской Федерации от 25 мая 2005 г. N 328 "Об утверждении Правил оказания услуг подвижной связи"
3	Постановление Правительства Российской Федерации от 18 мая 2005 г. N 310 "Об утверждении Правил оказания услуг местной, внутризоновой, междугородной и международной телефонной связи" (с изменениями от 30 июня, 29 декабря 2005 г., 5 февраля, 25 июля 2007 г., 16 февраля 2008 г., 10 марта 2009 г.)
Группа 2. Документы, содержащие общие требования, рекомендации и положения, а также показатели, термины и определения услуг связи	
4	ГОСТ Р 53724-2009. Качество услуг связи. Общие положения
5	ГОСТ 28195-89 "Оценка качества программных средств. Общие положения".
6	ГОСТ Р 51275-99 "Защита информации. Объект информатизации. Факторы воздействующие на информацию. Общие положения"
7	ГОСТ Р 53725-2009. Качество услуги «Междугородная телефонная связь». Показатели качества
8	ГОСТ Р 53726-2009. Качество услуги «Международная телефонная связь». Показатели качества
9	ГОСТ Р 53727-2009. Качество услуги «Местная телефонная связь». Показатели качества
10	ГОСТ Р 53732-2009. Качество услуг сотовой связи. Показатели качества
11	ГОСТ Р 53731-2009. Качество услуг связи. Термины и определения
12	ГОСТ 28806-90 "Качество программных средств. Термины и определения".
13	ГОСТ Р 53733-2009. Системы менеджмента качества предприятий, предоставляющих услуги связи. Требования
14	ГОСТ Р 53532-2009. Качество услуг связи. Показатели качества услуг телефонной связи в сети общего пользования. Общие требования.
15	А. В. Кочеров. ТфОП – качество устойчивости или устойчивость качества // Вестник связи. – 2011. – №4. – С. 12-19.
Группа 3. Документы, содержащие методы и методики оценки качества предоставления услуг связи	
16	"Сборник руководящих документов по защите информации от несанкционированного доступа" Гостехкомиссия России, Москва, 1998 г.
17	ГОСТ Р 51061-97. Системы низкоскоростной передачи речи по цифровым каналам. Параметры качества речи и методы измерений.
18	ГОСТ 12.1.050-86 "Методы измерения шума на рабочих местах".

Продолжение таблицы П 1.5

19	СТБ П 2104-2010. Услуга телефонии по IP-протоколу. Требования к параметрам качества и методы контроля.
20	ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости.
21	ITU-T Recommendations Series P Telephone transmission quality ITU-T P.800 MOS (Mean Opinion Score)
22	ITU-T P.861 Objective quality measurement of telephone-band (300 – 3400 Hz) speech codecs.
23	ITU-T P.862.1 Series p: telephone transmission quality, telephone installations, local line networks. (Methods for objective and subjective assessment of quality).
24	ГОСТ Р ИСОМЭК 9126- 90 "Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристика качества и руководства по их применению".
25	ГОСТ Р 50923-96 "Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения."
26	РД 45.056-2000. Система показателей качества местной телефонной сети. Методика расчета единичных и интегрального показателей качества для услуги "предоставление местного телефонного соединения"
27	ITU-T. Recommendation G.107. The E-model, A Computational Model For Use In Transmission Planning. ITU, 1998.
28	ITU-T. Recommendation G.108. Application of the E-model: A planning guide. ITU, 1999.
29	ITU-T. Recommendation G.109. International telephone connections and circuits – General definitions. Definition of categories of speech transmission quality. ITU, 1999.
30	Методика проведения контрольных наборов для определения качества обслуживания вызовов на телефонных узлах МГТС. Утверждена заместителем генерального директора ОАО МГТС в 1996 г.
31	ГОСТ Р 50949-96 "Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности."
32	РД Госстандарта СССР 50-680-89 "Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения".
33	РД Госстандарта СССР 50-34.698-90 "Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов".
34	ГОСТ 12.1.050-86 "Методы измерения шума на рабочих местах".
35	РД Госстандарта СССР 50-682-89 "Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Общие положения".
36	Методика проведения контрольных наборов для определения качества обслуживания вызовов на телефонных узлах МГТС. Утверждена заместителем генерального директора ОАО МГТС в 1996 г.
37	ГОСТ Р 50949-96 "Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности."
38	РД Госстандарта СССР 50-680-89 "Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения".
39	QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems. Edited by David Soldani, Man Li and Renaud Cuny © 2006 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-01639-6

Таблица П 1.6. Влияние *MOS* и *R-factor* на воспринимаемое качество звука

Уровень удовлетворенности пользователей	<i>MOS</i>	<i>R-Factor</i>
Максимальный с применением G.711	4.4	93
Очень довольны	4.3-5.0	90-100

Продолжение таблицы П 1.6

Довольны	4.0-4.3	80-90
Некоторые пользователи довольны	3.6-4.0	70-80
Многие пользователи недовольны	3.1-3.6	60-70
Практически все пользователи недовольны	2.6-3.1	50-60
Работа не рекомендуется	1.0-2.6	Менее 50

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

П 2.1 Структурные и схемотехнические решения абонентских аудиоинформационных устройств

АИУ обладает рядом преимуществ по сравнению с работой оператора: одновременная поддержка большого числа линий, круглосуточная непрерывная работа, отсутствие необходимости оборудования персонального рабочего места и свойственных субъекту ошибок при передаче информации. Становится излишним отбор операторов с хорошими речевыми данными: приятным голосом и четкой дикцией, АИУ осуществляет передачу информации, записанную профессиональным диктором в студийных условиях. На характер сообщений не влияет «человеческий фактор», в отличие от оператора, речь которого имеет эмоциональную окраску, отвлекаясь воздействуя на звонящего. В том случае, когда невозможно обойтись без участия человека, АИУ служит телекоммуникационным устройством – соединяя клиента с нужным ему специалистом, предварительно четко и корректно воспроизведёт наиболее востребованную на текущий момент информацию и в случае её недостатка вызовет необходимого оператора.

Аудиоинформационное обслуживание абонентов телефонных сетей [99, 100] характеризуется предоставлением речевой информации различного характера и содержания. С использованием АО абонентам предоставляется информация о текущем времени, погоде, курсе валют, изменении нумерации телефонных номеров при переключении АТС, о неправильном наборе номера и т. п. Существующие разновидности АИУ обладают специфическими потребительско-информационными, конструктивными и стоимостными параметрами, предназначенными для работы как в условиях ГТС, так и в составе терминального оборудования в условиях нестабильного электропитания [101]. Тенденция развития [102, 103] АИУ на примере Московской ГТС направлена не только на обеспечение энергонезависимого сохранения информации, но и её передачи в условиях нестабильного энергоснабжения. Рассмотрим процентный состав АИУ на МГТС начиная с 2000 г. Доминирующими – 60% являлись АИУ, выполненные на базе ОЗУ с электропитанием от сети 220 В. Вторыми, в процентном соотношении – 25% , были АИУ на базе ОЗУ с электропитанием от сети 220 В и аккумуляторами, обеспечивающими сохранение информации при пропадании электропитания. Последнее место – 15% – занимали АИУ с накопителем информации – ОЗУ с электропитанием от стационарного источника.

Первые аудиоинформационные устройства осуществляли запись и хранение информации на магнитных носителях, которые были недолговечны, требовали периодической замены и выполнения профилактических работ по очистке звуковоспроизводящих и записывающих головок и восстановления изношенных кинематических узлов. Решить проблему профилактического обслуживания АИУ удалось за счёт применения твердотельных элементов памяти – ОЗУ. В отличие от своих предшественников АИУ, разработанные на основе ОЗУ, не нуждались в периодическом обслуживании и имели практически бесконечный ресурс функционирования, с точки зрения осуществления многократного воспроизведения информации без потери качества передачи. Но при этом они обладали одним недостатком: при пропадании напряжения электросети информация в них существенно искажалась или попросту терялась [31].

На рисунке П 2.1 представлена типовая схема структурной реализации АИУ с электропитанием от сети 220 В. Одним из блоков, входящих в состав такого рода устройства, является блок сетевого электропитания всех энергозависимых компонент. При пропадании энергосети информация не теряется за счёт использования энергонезависимой памяти, но её доставка абоненту становится невозможной.

Использование источников бесперебойного электропитания на короткое время обеспечит функционирование устройств, к нему подключённых, при условии работоспособности аккумуляторных батарей, размещённых в его составе, но окажется бесполезным при долгосрочном отключении электроэнергии [7], при котором и возникает необходимость в оперативной информации. Применение АИУ с электропитанием посредством АЛ также актуально для фирм, осуществляющих аренду помещений с ограничением подачи силового электропитания в ночное время, а также в выходные и праздничные дни. При индивидуальных переключениях номеров в кроссах АТС, где недопустимо применение сети электропитания 220 В, часть абонентов выпадает из типовой схемы переключения.

Для разработки такого устройства необходимо исследовать существующие каналы передачи информации – абонентские телефонные линии [104], накопители информации, устройства управления, произвести объективные и субъективные испытания опытного образца, что и выполнено в последующих главах.

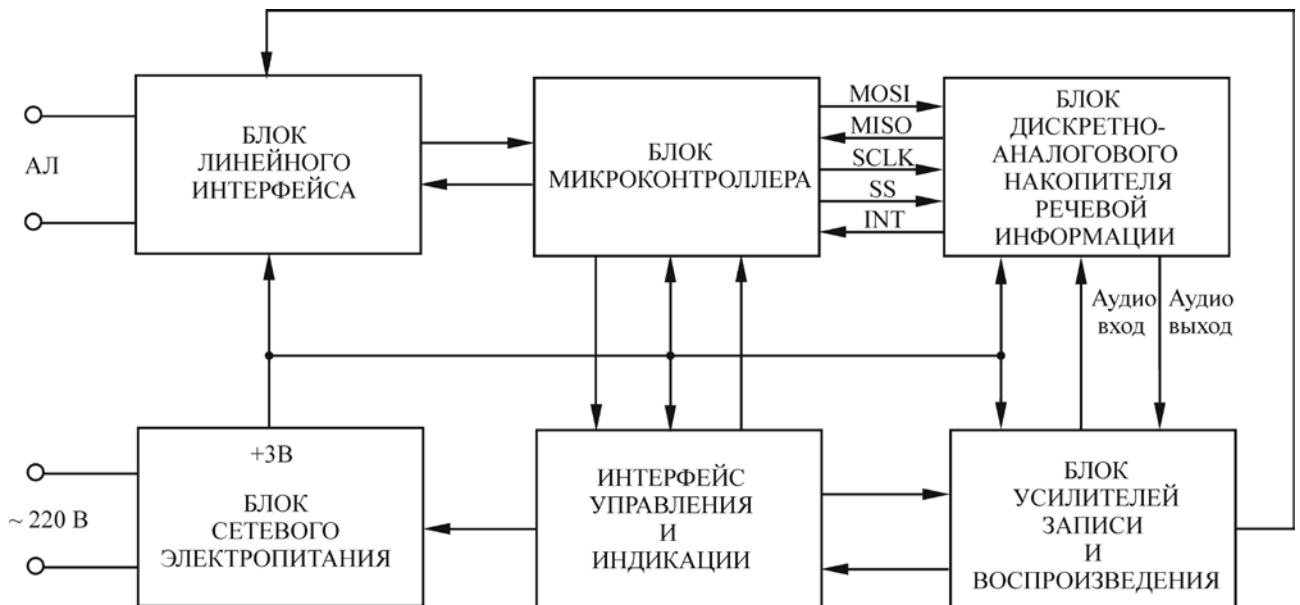


Рисунок П 2.1. Структурная схема одноканального (абонентского) АИУ

На рисунках П 2.2 и П 2.3 представлены структурные схемы датчика речевой информации при реализации на основе цифровой *flash*-памяти и многоуровневой *flash*-памяти.

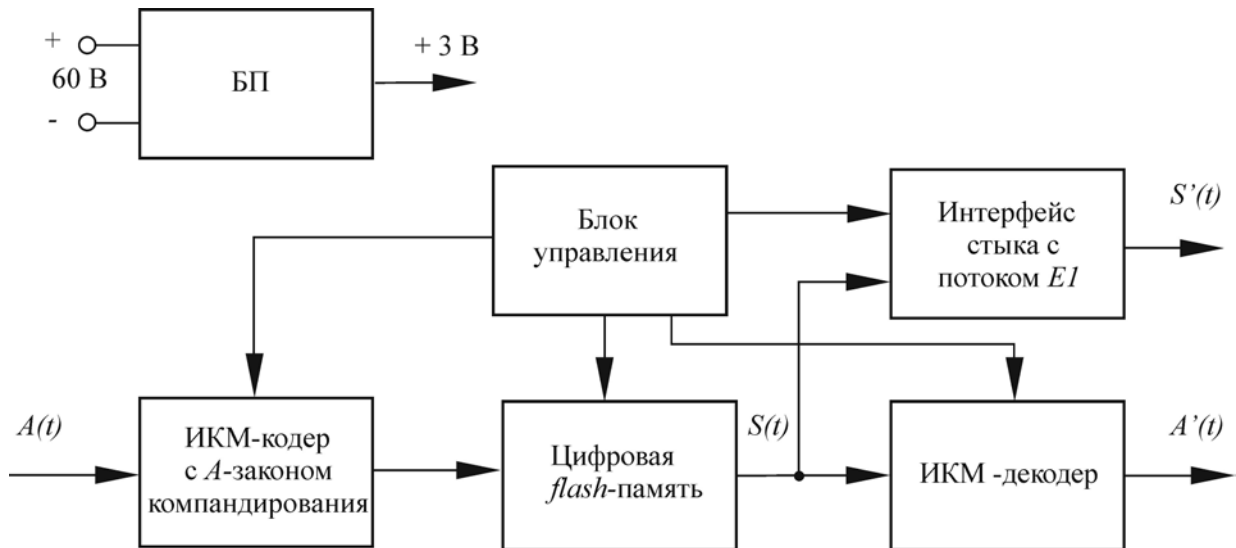


Рисунок П 2.2. Структурная схема датчика речевой информации на цифровой *flash*-памяти

АИУ в первую очередь должен быть универсальным, т. е. предоставлять необходимую информацию как абонентам аналоговых АТС, так и на линиях с интерфейсом *E&M*. Используя всего только один порт телефонной станции, с помощью такого устройства можно доносить записанную информацию сразу до множества абонентов. Информацию, которую должен получить абонент, необходимо вначале записать в устройство, а затем обеспечить предоставление этой информации по запросам абонентов в течение продолжительного времени.

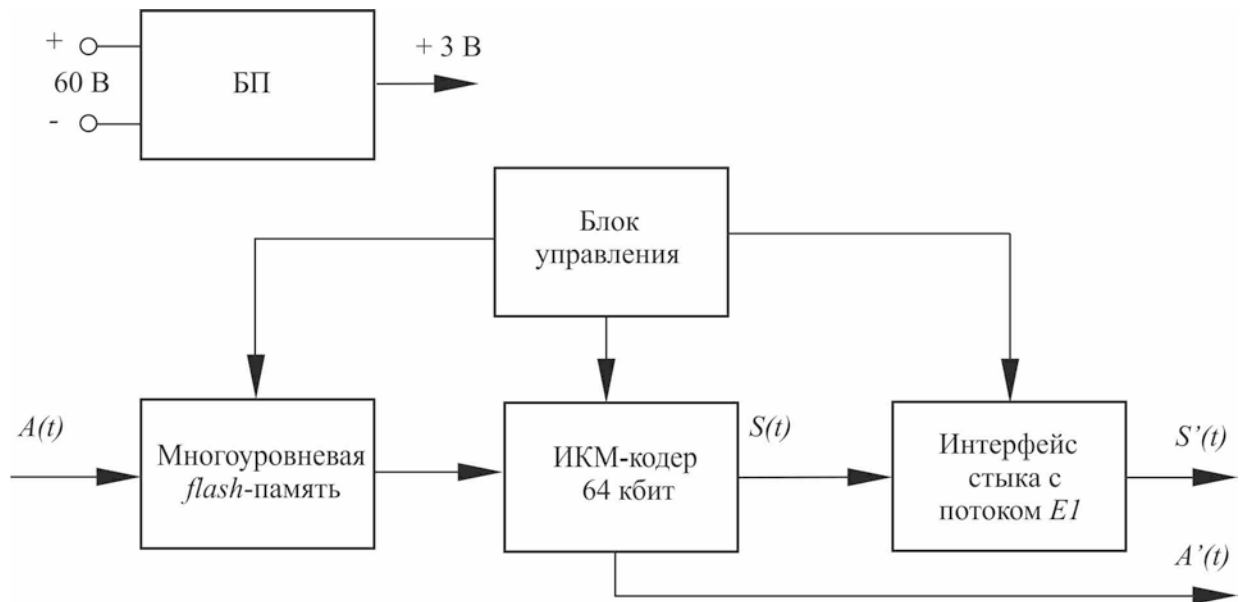


Рисунок П 2.3. Структурная схема датчика речевой информации на базе многоуровневой *flash*-памяти

Для того чтобы понять какую память использовать в проектируемом устройстве, рассмотрим два возможных случая разработки структурной схемы. Разным в этих двух вариантах построения структурной схемы является лишь метод записи и хранения информации. Для структурной схемы с цифровой *flash*-памятью потребуется перед записью преобразовать аналоговый сигнал в цифровую форму, для этого будет использоваться ИКМ-кодер с *A*-законом

компандирования [105, 106]. При записи в дискретно-аналоговую память отсчёты речевого сигнала непосредственно записываются в постоянную память без оцифровывания, компрессии и связанной с ними обработки информации. Так как датчик речевой информации должен быть универсальным, то в схеме с цифровой *flash*-памятью, где записанный сигнал является цифровым, на выходе необходим ИКМ-декодер, который преобразует сигнал из цифрового в аналоговый, чтобы информацию могли получить абоненты аналоговых АТС [107, 108]. В схеме с дискретно-аналоговой памятью сигнал на выходе аналоговый, так как нет цифро-аналогового преобразования, следовательно, для предоставления его абонентам цифровых (электронных) АТС необходимо его оцифровать с помощью ИКМ-кодера со скоростью 64 кбит/с. Управление обеих схем осуществляется с помощью блока управления, в состав которого входит микроконтроллер и интерфейс пользователя. Электропитание осуществляется от стационарного источника питания напряжением 60 В. Для этого необходимо иметь блок питания, который будет преобразовывать напряжение стационарного источника питания в напряжение питания всех активных блоков устройства.

В силу территориального разнесённого расположения АИУ, связанных с их привязкой к АТС, дикторам приходилось выезжать к месту установки оборудования и осуществлять перезапись речевых сообщений, что приводило к перебоям доставки информации абонентам, а при наличии сбоев в нескольких местах одновременно – к существенному увеличению времени восстановления информационного сообщения.

П 2.2 Способы компенсации снижения мощности, отдаваемой в оконечное оборудование

Для компенсации снижения мощности, отдаваемой в оконечное оборудование, предлагается применить совокупность следующих способов:

1. Получение максимальной мощности в нагрузке (согласованный режим).

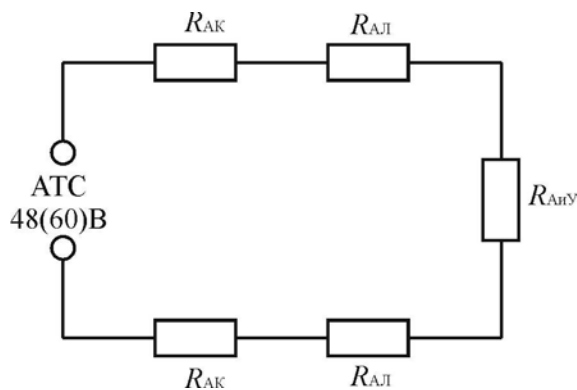


Рисунок П 2.4. Эквивалентная схема АТС с АИУ в качестве нагрузки

Из [109] известно, что согласованный режим достигается при равенстве сопротивлений нагрузки и источника электропитания. На рисунке П 2.4 приведена эквивалентная схема АТС с нагрузкой – АИУ. Сопротивление нагрузки, которой является АИУ (рисунок П 2.4), складывается из сопротивлений АК и АЛ:

$$R_{\text{АИУ}} = R_{\text{АК}} + R_{\text{АЛ}}, \quad (\text{П 2.1})$$

где $R_{\text{АИУ}}$ – сопротивление АИУ; $R_{\text{АК}} = 1200$ (2000) Ом – сопротивление АК в зависимости от применяемого оборудования; $R_{\text{АЛ}} = 100, 200 - 1000$ Ом – сопротивление АЛ.

Таким образом, выражение для максимальной мощности, которую можно получить от АТС посредством АЛ, для электропитания АИУ следующее:

$$P_{\text{АИУ}} = \frac{U_{\text{АТС}}^2 R_{\text{АИУ}}}{(R_{\text{АК}} + R_{\text{АЛ}} + R_{\text{АУ}})^2}, \quad (\text{П } 2.2)$$

где $U_{\text{АТС}} = 48$ (60) В – напряжение электропитания АТС. Так как сопротивление АЛ может варьироваться от 100 до 1000 Ом [110], что соответствует распределению длин АЛ от 0,5 до 5 км, то практически невозможно при изменении сопротивления на порядок достигнуть выполнения условия согласованного режима. Поэтому для получения максимальной мощности в АИУ предлагается всю совокупность длин АЛ разбить на 3 диапазона (100 – 350 Ом; 350 – 700 Ом; 700 – 1000 Ом).

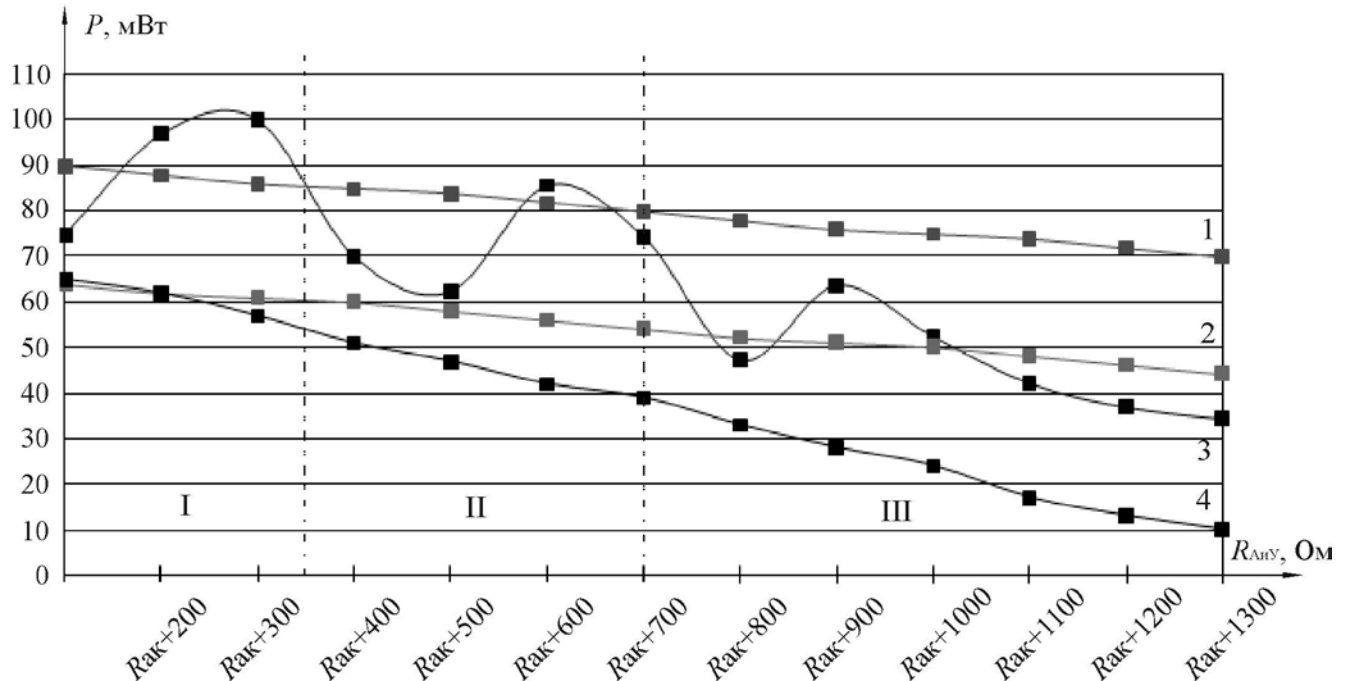


Рисунок П 2.5. Мощность, отдаваемая в АИУ, до (1; 3 – при достижении согласованного режима) и после (2; 4 – при достижении согласованного режима) замены оборудования АТС

Выбрать центральные значения (225; 525; 850 Ом) и для каждого из них обеспечить выполнение условия согласованного режима [111]. При этом на краях диапазонов неизбежно произойдет разбалансировка согласованного режима, т. е. возникнет ошибка, приводящая к потерям передаваемой АИУ мощности. Для технической реализации согласованного режима [112] необходимо варьировать сопротивление АИУ, которое должно иметь реактивный характер. Поэтому помимо формулы П 2.2, его возможно записать в следующем виде [111]

$$Z_{\text{АИУ}} = 2\pi fL. \quad (\text{П } 2.3)$$

Возможны два варианта изменения значения сопротивления нагрузки ($Z_{\text{АУ}}$): изменение индуктивности или частоты. Реализовать изменение индуктивности технически сложнее, чем частоты. Изменять значение индуктивности возможно: – применяя L с отводами;

– замагничивая L постоянным током (для данного применения АИУ это является недопустимыми энергозатратами). Индуктивность при этом будет иметь номинал ниже своего максимально возможного значения. Изменение частоты позволит в полной мере использовать значение индуктивности и организовать плавную (аналоговую) настройку на согласованный режим. На рисунке П 2.5 изображены графики отдаваемой мощности в АИУ для трёх диапазонов сопротивления АЛ (1 – до замены оборудования; 2 – после замены оборудования; 3 – до замены оборудования при достижении согласованного режима; 4 – после замены оборудования при достижении согласованного режима).

П 2.3 Структурные схемы речевых накопителей

Независимо от метода записи информации структура РН содержит следующие элементы (рисунок П 2.6): носителя информации (НИ); устройства преобразования акустических сигналов в формат сигналов записи носителя информации (УПАС); устройства управления (УУ); интерфейс сопряжения со стыкуемым оборудованием (ИССО); интерфейс пользователя (ИП).

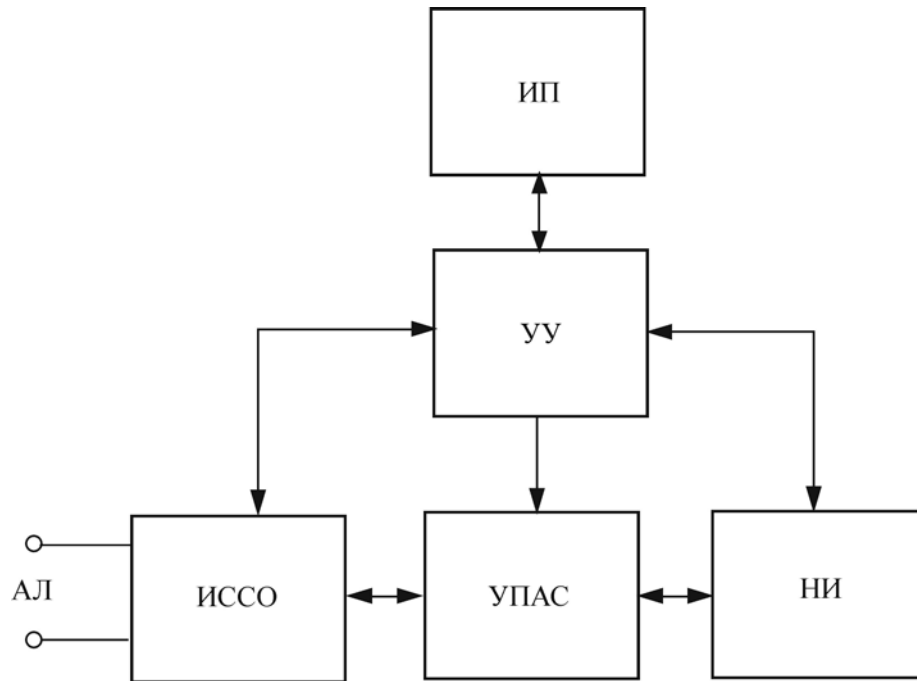
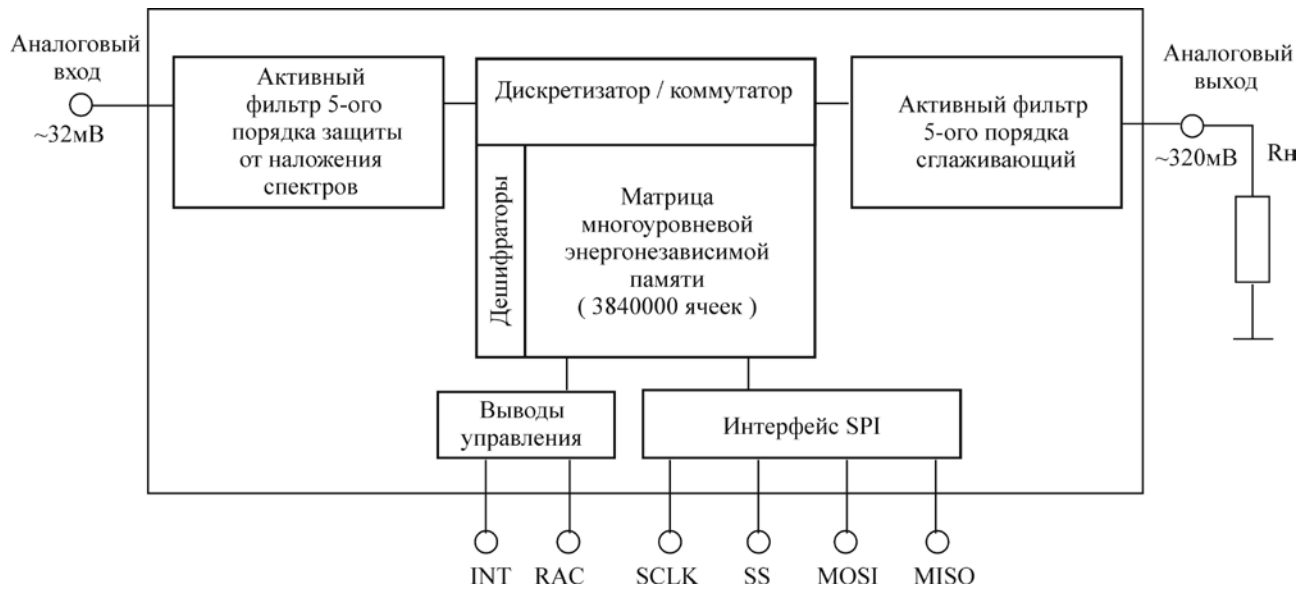


Рисунок П 2.6. Обобщённая структурная схема РН

Повышение технико-экономических показателей современных РН связано с развитием и внедрением в аппаратуру СБИС типа «система на кристалле» (СБИС СнК), представляющих собой функционально законченные узлы, изготовленные по КМОП-технологии. Одним из самых перспективных решений в этой области стало создание фирмой *Winbond* (США) серии СБИС СнК для записи/воспроизведения звука – *ChipCorder*, представляющих собой однокристалльную систему, содержащую массив многоуровневой *Flash*-памяти и функциональные элементы, обеспечивающие запись, хранение и воспроизведение речевых сигналов: микрофонный и выходной усилители, сглаживающий и помехоподавляющий фильтры и др. (рисунок П 2.7).

Рисунок П 2.7. Структурная схема СБИС SnK *ChipCorder*Таблица П 2.1. Технические параметры микроэлектронного устройства *ChipCorder*

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Максимальная длительность информации, с	480
Число многоуровневых ячеек	3840000
Номинальный входной /выходной уровень, мВ	32 / 570
Номинальная нагрузка, Ом	5000
Верхняя рабочая частота, Гц	3400
Число циклов перезаписи, не менее	10^5
Длительность хранения информации, не менее, лет	10
Напряжение питания, В	3 +/- 10%
Потребляемая мощность в режиме «Ожидание», мкВт	3
Потребляемая мощность в режиме «Запись», мВт	75
Потребляемая мощность в режиме «Производство», мВт	45

Принципиальное отличие СБИС SnK *ChipCorder* от цифровых РН заключается в возможности непосредственной записи отсчётов звукового сигнала в матрицу *Flash*-памяти с использованием технологий *Multi-Level Storage (MLS)*. *MLS* – запись исключает необходимость сжатия и кодирования информации, сохраняя её в натуральной форме и обеспечивая стабильное и качественное воспроизведение.

Основные паспортные технические параметры микроэлектронного устройства *ChipCorder* серии *ISD4004-8M* приведены в таблице П 2.1 [91]. Для детальной оценки параметров качества воспроизводимого звукового сигнала были выполнены измерения электроакустических характеристик серийных образцов данного устройства.

В схеме стенда был использован микроконтроллер с Гарвардской архитектурой – *PIC16F84*, обеспечивающий минимальный уровень помех. Особенностью является возможность программного снижения энергопотребления за счёт выключения встроенного тактового генератора, что исключает влияние импульсных помех микроконтроллера по шинам электропитания на точность измерений.

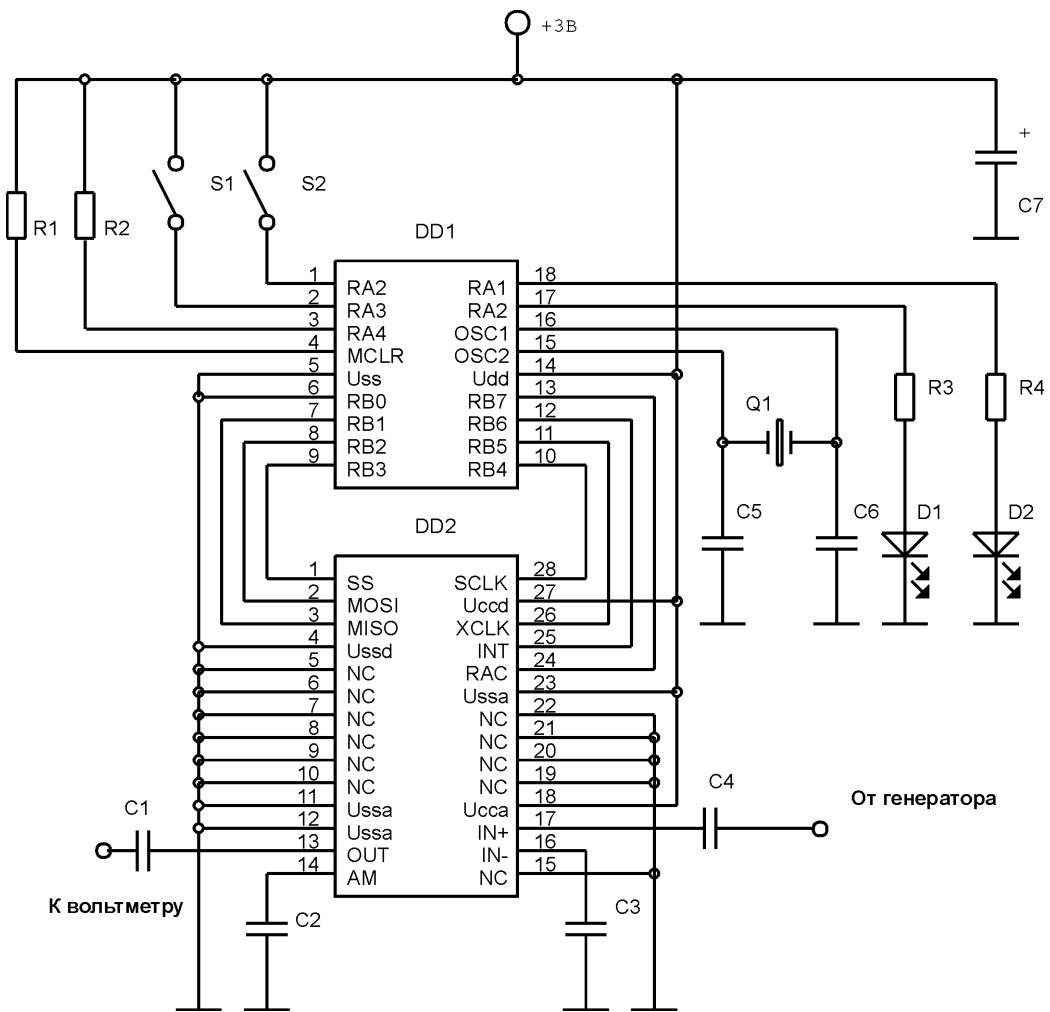


Рисунок П 2.8. Схема стенда для измерения характеристик и параметров СБИС SnK *ChipCorder*

С этой целью программа переводит микроконтроллер в режим пониженного энергопотребления на период записи/воспроизведения сигнала [178]. Спектральная характеристика помех отличается значительной неравномерностью. В области высоких частот доминирующим является белый шум. В области низких частот наблюдаются ярко выраженные выбросы на частоте 40 Гц и её гармониках. Анализ функционирования исследуемой СБИС SnK *ChipCorder* показывает, что это обусловлено влиянием сигнала обращения к строкам матрицы ЗУ с периодом $T = 25\text{мс}$ при записи информации в ячейки *Flash*-памяти [179]. Спад АЧХ в области низких частот обусловлен частотно-зависимой входной цепи, образованной разделительными конденсаторами ($C1$, $C2$) и $R_{\text{вх}}$ усилителя в СБИС [113]. Ограничение полосы пропускания в области верхних частот (3400 Гц) обусловлено встроенным фильтром пятого порядка (рисунок П 2.7). Как показывают расчёты, для достижения спада, не превышающего 3 дБ на частоте 300 Гц, номинал конденсатора на входе *ChipCorder* должен быть увеличен по сравнению с рекомендованным в два раза, рисунок П 2.9.

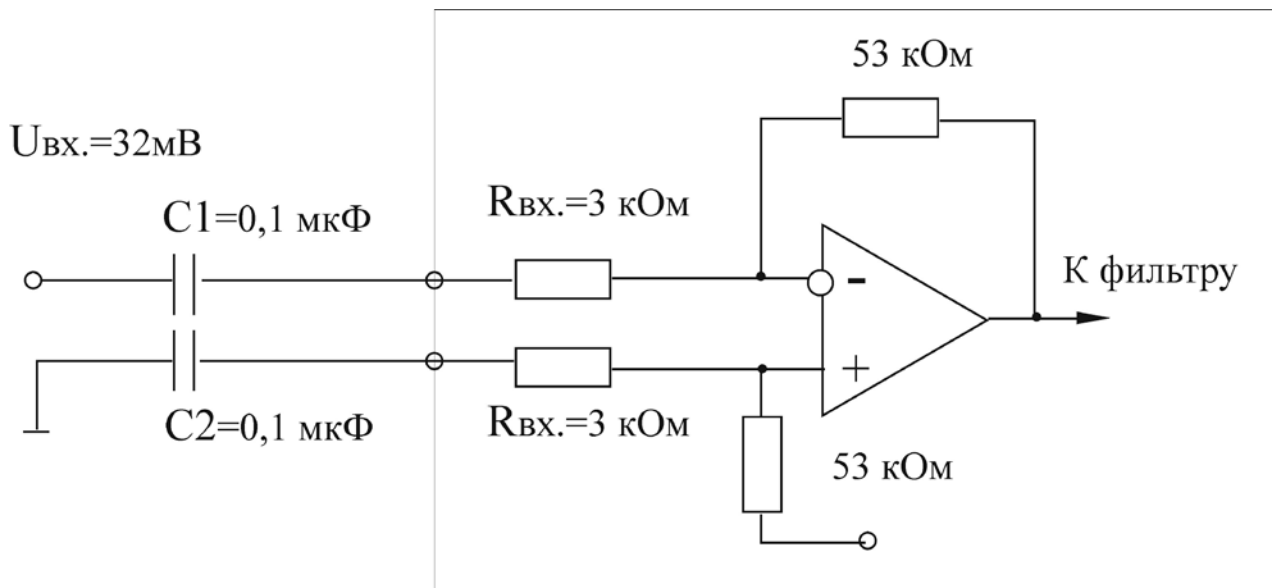


Рисунок П 2.9. Рекомендуемая производителем реализация входной цепи *ChipCorder*

П 2.4 Алгоритм анализа влияния негативных факторов

Последовательность построения алгоритма анализа влияния негативных факторов на функционирование системы «Абонент-ТфОП-Акустическая среда» с помощью «дерева причин» потенциального происшествия состоит в следующем: сначала выбирают потенциальное событие (головное событие); затем выявляют все факторы, каждый может привести к заданному головному событию (системы, подсистемы, события, связи и т.д.) [73, 54].

По результатам этого анализа строят «дерево причин», состоящее из всех тех причин-событий, которые делают возможным заданное головное событие. При имитационном моделировании учитывается влияние всех существенных свойств человеко-машинных систем (психофизиологических свойств человека-абонента, факторов надежности машины-ТфОП, комфортности среды и уровня используемой технологии), влияющих на качество телефонного общения [14, 51, 52, 100]. «Дерево причин» относится к семантическим (смысловым) моделям типа диаграммы влияния. Проведение анализа опасностей с его помощью возможно только после детального изучения рабочих функций всех компонентов рассматриваемой ЧМС. После завершения анализа опасностей с помощью «дерева причин» можно от качественных характеристик приступить к количественному анализу. В самом общем виде работу имитационной модели можно свести к нахождению точечного значения функциональной зависимости между оценками негативных факторов, влияния на качество телефонного общения (таблица П 2.2), и вероятностью неблагоприятных событий в системе «Абонент -ТфОП - Среда» P_A , т.е.:

$$P_A = f(x_1, x_2, \dots, x_i), \quad (\text{П } 2.4)$$

где x_1, x_2, \dots, x_i - формализованная балльно-лингвистическая оценка i -го фактора (показателя) влияния.

Таблица П 2.2. Учитываемые факторы, снижающие качество телефонного общения

Код	Факторы, снижающие качество телефонного общения
C01	Акустическая среда Уровень шума в помещении - проникающие шумы (уличные и от соседей)
C02	Наличие эха в помещении
Ч01	Физиологические факторы человека (показатели) Слуховая чувствительность
Ч02	Влияние шума на разборчивость
Ч03	Снижение дифференциальной чувствительности к изменению громкости и высоты тона
Ч04	Временной порог восприятия между двумя следующими друг за другом сигналами
Ч05	Психологические факторы человека (показатели) Качество приема и декодирования информации; способность правильно оценивать информацию; реакция на информацию; время реакции на информацию.
M01	Функционирование ТфОП Суммарная вероятность потерь вызовов из-за занятости соединительных линий и неисправности оборудования при установлении соединения от абонента до абонента (вероятность отказа в становлении соединения - P_o , %)
M02	Вероятность потерь вызовов из-за занятости/повреждений соединительных линий или приборов коммутационного оборудования (вероятность потерь по вызовам P_B , %, создаваемых абонентами в направлении на междугородную сеть).
M03	Вероятность повреждений коммутационного оборудования станции с длительным нарушением доступа к сети в расчете на один абонентский номер ($P_{пс}$, %).
M04	Безотказность основных узлов и элементов. Вероятность повреждений линейно-кабельного оборудования с длительным нарушением доступа к сети ($P_{пк}$, %).
T01	Отсутствие удобства и задержка в получении информации.
T02	Снижение устойчивости работы за счёт отсутствия энергонезависимости.
Примечание: С-среда; Ч-человек; М-машина; Т- технология.	

Неявный вид этой зависимости определяется особенностями функционирования имитационной модели процесса возникновения происшествия в человекомашинной системе. Качественный анализ логико-лингвистической модели процесса возникновения происшествия в системе (“Абонент - ТфОП – Акустическая среда”) показал, что P_K вероятность катастрофы, определится по формуле логического умножения

$$P_K = P_A \& P_B \quad (\text{П } 2.5)$$

Вероятность влияния негативных факторов на систему также определится по формуле логического умножения

$$P_A = P_{A1} \& P_{A2} \& P_{A3} \quad (\text{П } 2.6)$$

Вероятность выхода из строя оборудования

$$P_B = P_{B1} \& P_{B1} \quad (\text{П } 2.7)$$

Вероятность нормального функционирования системы – вероятность качественного телефонного общения $P_{кто}$, определится по формуле

$$P_{\text{кто}} = 1 - P_A \quad (\text{П 2.8})$$

Вероятности событий A_1 - A_7 и B_1 - B_2 , определяются как логическое сложение, например

$$P_{A_1} = P_{A_4} + P_{A_5}; P_{A_4} = P_{A_8} + P_{A_9}; P_{A_5} = P_{A_{10}} + P_{A_{11}} \quad (\text{П 2.9})$$

Таким образом, вероятность качественного телефонного общения $P_{\text{кто}}$ имеет вид

$$P_{\text{кто}} = [1 - (P_{A_8} + P_{A_9} + P_{A_{10}} + P_{A_{11}}) \& (P_{A_{12}} + P_{A_{13}} + P_{A_{14}} + P_{A_{15}} + P_{A_{16}} + P_{A_{17}}) \& (P_{A_{18}} + P_{A_{19}} + P_{A_{20}} + P_{A_{21}} + P_{A_{22}})] \quad (\text{П 2.10})$$

Вероятность катастрофы системы в чрезвычайных ситуациях, определится по формуле

$$P_K = [(P_{A_8} + P_{A_9} + P_{A_{10}} + P_{A_{11}}) \& (P_{A_{12}} + P_{A_{13}} + P_{A_{14}} + P_{A_{15}} + P_{A_{16}} + P_{A_{17}}) \& (P_{A_{18}} + P_{A_{19}} + P_{A_{20}} + P_{A_{21}} + P_{A_{22}})] \& [(P_{B_3} + P_{B_4}) \& (P_{B_5} + P_{B_6})] \quad (\text{П 2.11})$$

П 2.5 Имитационное моделирование процесса оповещения об изменении телефонной нумерации

П 2.5 1 Общие сведения об эксперименте

Для компьютерного моделирования необходимы следующие технические и организационные средства: телефонный аппарат; компьютер со звуковой картой; группа экспертов, состав и возрастные требования которой, определяется в соответствии с [56]. Разработанное ПО, фиксирует как правильно набранные номера, так и их общее количество, а также воспроизводит фонограммы телефонных номеров.

П 2.5 2 Порядок проведения эксперимента

1. В начале эксперимента создаётся файл базы данных, в котором сохраняется: число правильно набранных номеров и их общее количество; процент эффективных попыток вызова; число повторных прослушиваний; код вызываемого и вызывающего абонента; дата и ФИО аудитора, а также число вызовов до начала передачи изменённого номера.

2. «Запускается фонограмма с номером телефона» (рисунок П 2.10).

3. Вводится привычный аудитору 7^{ми}-значный номер телефона в формате 1234567 и прослушивается фонограмма содержащая сообщения: «Внимание, номер телефона изменен на новый» и непосредственно сам номер с внесенными изменениями.

4. В появившееся диалоговое окно вводится прослушанный телефонный номер. При совпадении введенного и прослушанного телефонных номеров звучит следующий вариант телефонного номера с новыми изменениями. В случае неверного ввода воспроизведется сообщение: «Ввод неверен» и осуществляется повтор предыдущей фонограммы.

5. Повторяются пункты 3 и 4 для всех 7 вариантов изменения телефонных номеров.



Рисунок П 2.10. Скриншот программы оценки эффективных попыток вызова

6. После ввода последнего номера появится сообщение «Ваше тестирование завершено, пригласите следующего». Рисунок П 2.10 иллюстрирует процесс вызова абонентом А (АТС 1) – абонента Б (АТС 2), телефонный номер которого изменился и был переключён на АТС 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

П 3.1 Реализация технических средств, повышающих качество восприятия услуг телефонной связи для абонентов с логоневрозом

3.1.1 Способы коррекции логоневроза

Есть люди, для которых единственной ситуацией, в которой возникает проблема с речью, являются исходящие вызовы по телефону [115, 116]. Фраза, которую предстоит произнести, образует в голове заикающегося нечто вроде слаломной трассы, где флажками обозначены вероятные запинки. В это время начинают срочно подыскиваться замены трудным словам, которые либо переставляются, либо убираются. Чтобы трудные сочетания звуков превратились в более «проходимые», во фразу вкрапляются лишние звуки, а иногда и слова. В простых ситуациях дефект заикания можно скрыть, а в сложных он может проявляться, как «детский лепет» [174]. Анализ различных способов произнесения фраз, применяемых при коррекции заикания: шепотная, громкая речь; речь плавная, слитная, замедленная; речь с выделением ударных гласных; скандированная речь; полный стиль произношения; ритмизированная и послоговая речь, показал, что эти, на первый взгляд, существенно различные способы произнесения слогов, фраз, текстов имеют общие характеристики: значительно увеличена продолжительность каждого слога в сравнении с обычной речью; наблюдается тенденция к уравниванию слогов по длительности. Эффективность коррекции тяжести моторных проявлений при заикании пропорциональна длительности слогов в используемой речи [117].

Речевая информация, воспринимаемая человеком, подвергается некоторой предварительной обработке, снижающей степень ее избыточности, после чего передается в фазу семантической обработки по некоторой совокупности логических каналов. Общая (суммарная) пропускная способность логических каналов человека слабо и медленно меняется с течением времени и зависит от его психофизического состояния; ее величина накладывает ограничения на объем обрабатываемой информации и определяется текущими вычислительными ресурсами мозга. В описываемых условиях семантическая обработка собственной речи человека во многих случаях представляется неоправданным расходом вычислительных ресурсов, не поддерживающим какой-либо полезной функции. И, по-видимому, такая обработка человеческим мозгом не проводится. В [118] приводится гипотеза о наличии в акустическом восприятии человека механизма компенсации собственной речи на этапе, предшествующем передаче в фазу семантической обработки, и она представляется нам наиболее адекватной. Ниже приведён перечень технических реализаций существующих способов, эффективность которых подтверждает предыдущее соображение.

Маскирование обратной связи (*Masking auditory feedback*) «белым шумом» позволяет уменьшить заикание на величину от 35% при 85 дБ до 55% при 90 дБ (*Kalinowski, Stager*). Оказалось, что увеличение громкости шума позволяет улучшить плавность речи. Уровень звука (шум) громкостью до 85-90 дБА не должен вызывать отрицательных последствий для слуха (*Dewar, 1979*). Согласно одной из гипотез, заикающиеся могут говорить плавно, когда они не слышат собственную речь. Маскирование обратной связи синусовыми шумами может быть бо-

лее эффективным, чем использование "белого шума", причем при низкой громкости. Эта технология была использована в устройстве *Edinburg Master* в начале 80-х. В отличие от методов *DAF* и *FAF*, *MAF* может избавить заикающихся от «тихих» блоков (т. е. тонических судорог при попытке начать фразу). В течение шести месяцев проводилось большое исследование устройства *Edinburg Master*, в котором участвовало 67 человек. 82% исследуемых отметили высокую эффективность устройства. 67% сказали, что их речь улучшилась без особых усилий с их стороны (Dewar, 1979). Средний уровень звука при этом равнялся 78 дБА. Были опрошены также свыше 500 человек, которые использовали *Edinburg Master*. В большинстве случаев устройство применялось пациентами все меньше и меньше, так как с течением времени потребность в нем уменьшалась (Goldberg, 1994).

При использовании метода задержки акустической обратной связи *DAF* (*Delayed auditory feedback*) голос пациента выводится на наушники с задержкой на доли секунды. Эти исследования выявили, что задержка в диапазоне 50 – 75 мс позволяет уменьшить заикание на 60 – 80%, при нормальной и ускоренной речи. Задержка величиной 195 мс оказалась чуть более эффективной, чем 75 мс. Эффект, вызываемый использованием метода *DAF*, весьма интересен. *DAF* оказывается немного эффективнее, когда пациента просят говорить быстрее, чем обычно, что является стрессовой ситуацией. В то же время он менее эффективен при телефонных разговорах и более – при громком чтении. Следовательно, *DAF* более или менее эффективен в различных стрессовых ситуациях. Вышеприведенные исследования проводились без какой-либо предварительной подготовки или медицинского воздействия. Сейчас *DAF* широко используется в различных программах коррекции заикания. Используются длинные задержки (90 – 220 миллисекунд) и заикающиеся учатся протягивать гласные и уменьшать скорость речи. Это позволяет практически полностью устранить даже тяжелое заикание, но может вызвать отсутствие в речи эмоционального оттенка [119]. После исправления речи на долгих задержках устройство настраивается на менее длительные, которые увеличивают скорость речи до тех пор, пока она не станет нормальной. Методы коррекции с использованием *DAF* эффективны для школьников (Ryan, 1995) и взрослых (Ryan и Kirk, 1974).

Изменение частоты обратной связи (*Frequency-shifted auditory feedback*) заключается в сдвиге частоты тона голоса пациента в наушниках по сравнению с его нормальным голосом. Подобно *DAF*, этот метод немедленно уменьшает заикание на 60 – 80% при нормальной и быстрой речи без предварительной подготовки и сколь-нибудь значимых усилий. Для повышения эффективности *FAF* обычно комбинируют с *DAF*, особенно в случаях тяжелого заикания. Для примера, если в результате применения *DAF* речь пациента улучшилась на 60%, то при комбинировании его речь улучшится на 80%. Основное преимущество *FAF* перед задержкой и маскированием состоит в том, что этот метод не затрудняет речь в процессе его использования, так как пациент слышит свою речь в реальном времени и без шума. Переносная реализация *FAF* позволяет включать устройство в начале речи и выключать его после ее окончания. Этот обзор показывает, что заикание уменьшается при увеличении сдвига частоты, хотя наиболее эффективные результаты достигались сдвигом на пол-октавы. Повышение и понижение частоты кажутся одинаково эффективными.

FAF эффективен при чтении, публичной речи и телефонных разговорах. *Armson* (1997) обнаружил, что этот метод одинаково полезен при публичной речи как в аудитории, состоящей из двух-трех, так и из пятнадцати человек. Это означает, что эффективность *FAF* не связана с трудностью речевой ситуации. *FAF* кажется менее полезным при монологической речи. *Armson* и *Stuart* (1998) использовали сдвиг на четверть октавы, в отличие от *Ingham* (1997), который сдвигал голос на полную октаву. При этом заикание уменьшалось в среднем на 26%. Человек обладает механизмом снижения восприятия собственной речи (МСВСП), обеспечивающим её уверенное подавление перед началом фазы семантической обработки, необходимым для устранения избыточности данных, поступающих для обработки в мозг. Длительность действия этого механизма в среднем не превышает 250 мс.

Для обхода МСВСП необходимо обеспечить такое искажение речи говорящего, при котором он будет воспринимать её со стороны, т. е. как чужую. Другим критерием выхода за рамки действия МСВСП может служить отсутствие идентификации говорящего людьми хорошо его знающими (кроме способа задержки речевого сигнала). При этом необходимо минимизировать снижение разборчивости и качества речевого сигнала. Рассмотренные способы, обеспечивающие коррекцию заикания: добавление в речевой сигнал шумов, обеспечивающих искажение речи говорящего; задержка речевого сигнала на период, превышающий действие МСВСП; перенос спектра речевого сигнала в область более низких или более высоких частот, находящихся при этом в полосе частот, воспринимаемых человеческим ухом, обладают примерно одинаковой эффективностью [120, 121, 122].

Избежать побочных эффектов при коррекции заикания позволит использование способа, основанного на задержке речевого сигнала. Это единственный способ, обеспечивающий точное представление говорящему о том, как он говорит. Наилучшую техническую реализацию данного способа обеспечивают устройства, выполненные на базе дискретно-аналоговых накопителей речевой информации, специально разработанных для осуществления высококачественной записи-воспроизведения речевого сигнала. При тяжёлых формах заикания возможно применение метода, суть которого состоит в использовании совокупности описанных способов для получения наиболее сильного воздействия на МСВСП [123].

3.1.2 Разработка программно-аппаратных АИУ для коррекции логоневроза

У большинства людей логоневроз проявляется во многих ситуациях, которые именно для них являются сложными. Логоневроз, как показывает опыт взаимодействия с пациентами, по-разному проявляется при различных степенях тяжести. Степень тяжести логоневроза складывается из двух показателей: числа ситуаций, в которых человек заикается; силы проявления логоневроза.

Хотя логоневроз у всех людей имеет схожий механизм возникновения, проявляться он может совершенно по-разному и в разных ситуациях.

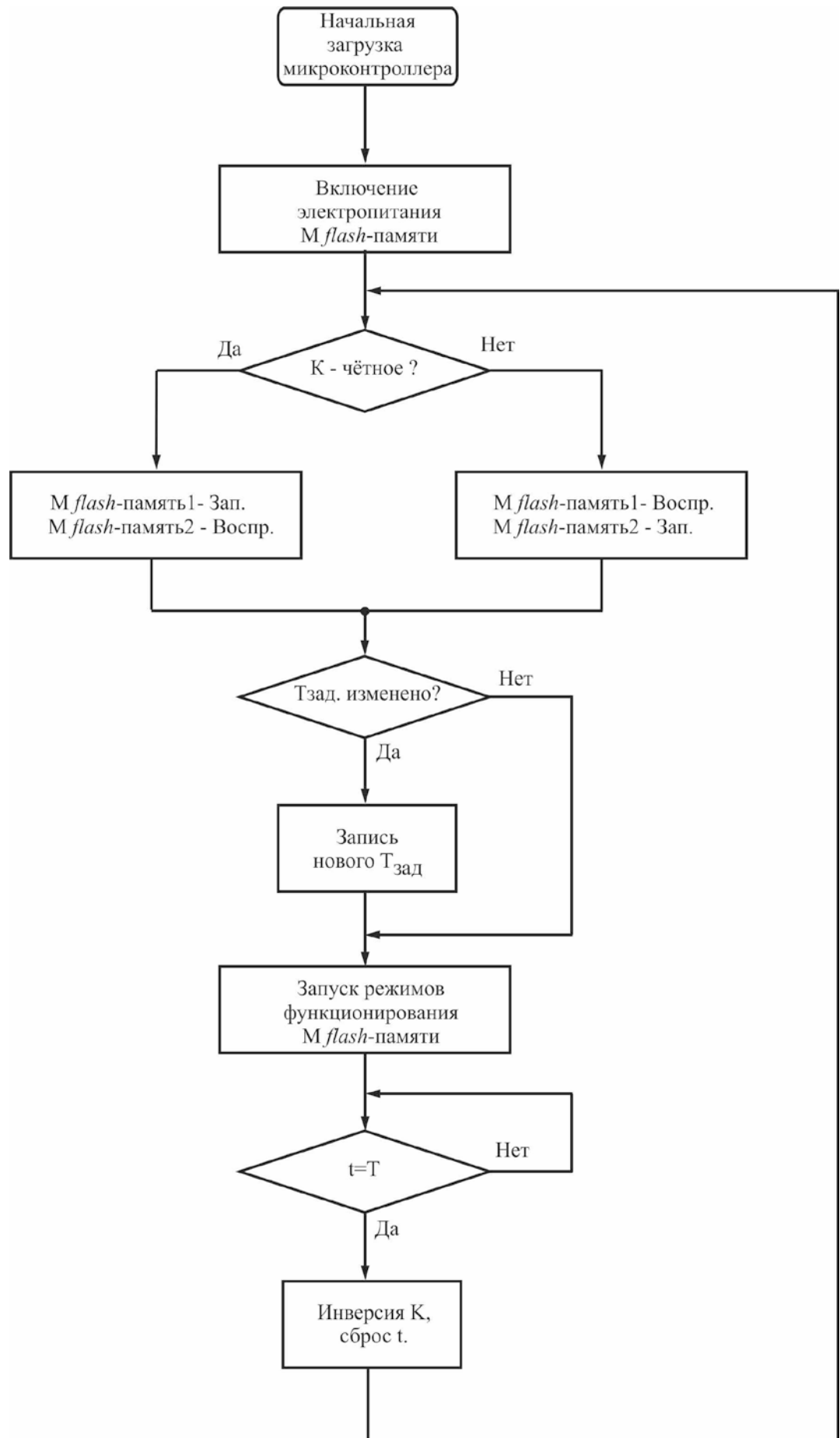


Рисунок П 3.1. Алгоритм сигналов управления микросхемы многоуровневой *flash*-памяти

Среди появившихся в последние десятилетия методов коррекции неврозоподобного заикания весьма оптимистические надежды вызывает использование аппаратов, основанных на методе временной задержки речи больного (создании искусственного эха), при котором больной слышит свою речь с задержкой во времени [124]. Алгоритм сигналов управления микросхемы многоуровневой *flash*-памяти, представлен на рисунке П 3.1.

Пациент сам регулирует темп своей речи с помощью специального аппарата по исправлению речи, наша промышленность выпускала АИР-1 (таблицы П 3.1, П 3.2).

Таблица П 3.1. Сравнительные характеристики устройств

Технический параметр	Тип аппаратуры исправления речи:	
	АИР-1	на базе многоуровневой <i>flash</i> -памяти
Напряжение питания, В	9	3
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот 200 – 600 Гц относительно 400 Гц (не более), дБ	12	1 (100 – 3400 Гц)
Отношение С/Ш (не менее), дБ	20	42
Коэффициент гармоник (не более), %	20	2%
Регулировка задержки звука, с	0,08 – 0,2	0 – 20
Погрешность установки задержки звука (не более), %	+/- 20	+/- 1
Габаритные размеры, мм	188x95x43	65x20x15
Масса (не более), г	300	100

Продолжительность саморегуляции темпа речи различна – обычно начинают с 7 – 10 минут в день и через 1 – 2 недели доводят общую продолжительность до 25 – 30 минут.

Таблица П 3.2. Функции, обеспечиваемые прибором

$\tau_{\text{зад.}}$, с	Обеспечиваемая функция
0	Слуховой аппарат
0,05 – 0,25	Исправление заикания
0,1 – 0,3	Развитие навыков красивой, выразительной речи
0,3 – 20	Изучение иностранных языков, постановка произношения

АИР-1 находился в свободной продаже, и им успешно пользовались многие пациенты. В соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 1 декабря 2005 г. № 753 «Табельное оснащение поликлинического отделения при детской городской больнице (медицинская техника)» логопедический кабинет должен быть оснащён 6 устройствами для исправления речи.

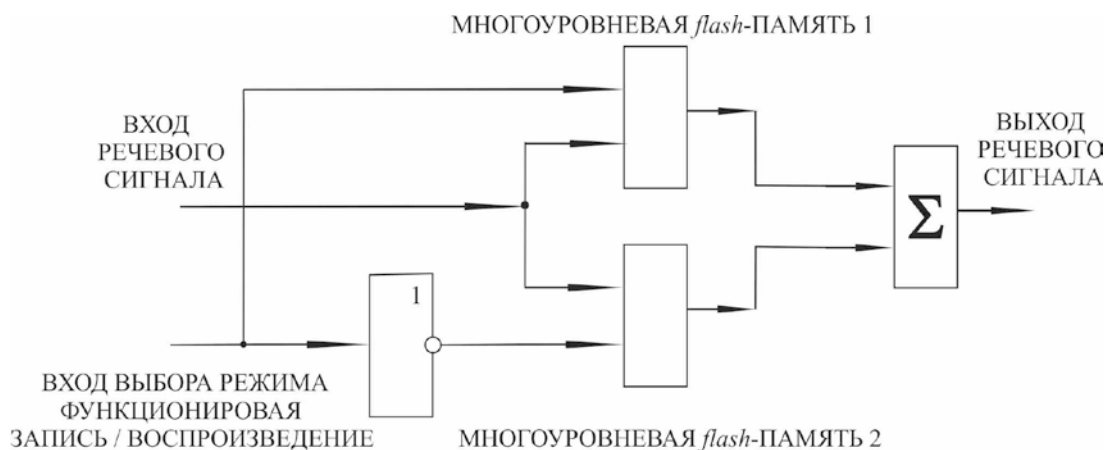


Рисунок П 3.2. Структурная схема устройства для коррекции логоневроза

В таблице приведён сравнительный анализ существующего, промышленно выпускаемого аппарата, предназначенного для коррекции логоневроза, и предлагаемого устройства на базе дискретно-аналогового накопителя речевой информации. Предлагаемое устройство по всем параметрам превосходит существующее. Оно имеет более равномерное АЧХ в полосе речевого сигнала, отношение С/Ш и $K_{г}$, позволит более естественно воспринимать свой голос говорящему, а значит осуществлять коррекцию логоневроза без внесения искажений в свою речь при прослушивании. Увеличенные массогабаритные показатели позволяют пациентам носить их постоянно с собой, не привлекая излишнего внимания, и использовать его в удобном месте и времени, не испытывая психологического дискомфорта [116]. Более широкий диапазон регулировки времени задержки, и точность её установки позволит подстроиться под темп речи широкого числа пациентов. Диапазон регулировки времени задержки акустического сигнала в предлагаемом устройстве составляет от нуля до 20 секунд.

Суть предлагаемого способа заключается в одновременной работе двух накопителей информации для обеспечения задержки речевого сигнала. Предположим, что первый накопитель находится в режиме записи речевого сигнала. Тогда второй накопитель должен находиться в состоянии воспроизведения. Изменяя число ячеек, используемых для записи-воспроизведения информации, возможно регулировать время задержки воспроизводимого большим речевого сигнала. На рисунке П 3.2 представлена структурная реализация принципа построения технического устройства для коррекции логоневроза. На рисунке П 3.3 представлен фрагмент принципиальной схемы реализации вышеописанного способа. Сигнал SS в виде логического нуля одновременно поступает на выходы двух микросхем многоуровневой *flash*-памяти, переводя интерфейс *SPI* в режим готовности к восприятию сигналов управления, поступающих на информационные входы. На вход данных *MISO*, объединённый у двух микросхем многоуровневой *flash*-памяти, для сокращения числа проводов идущих к микроконтроллеру подаются данные, определяющие режим функционирования накопителя. Эти данные стробируются тактовыми импульсами, поступающими на тактовый вход *CLC*, той микросхемы, для которой передаются данные.

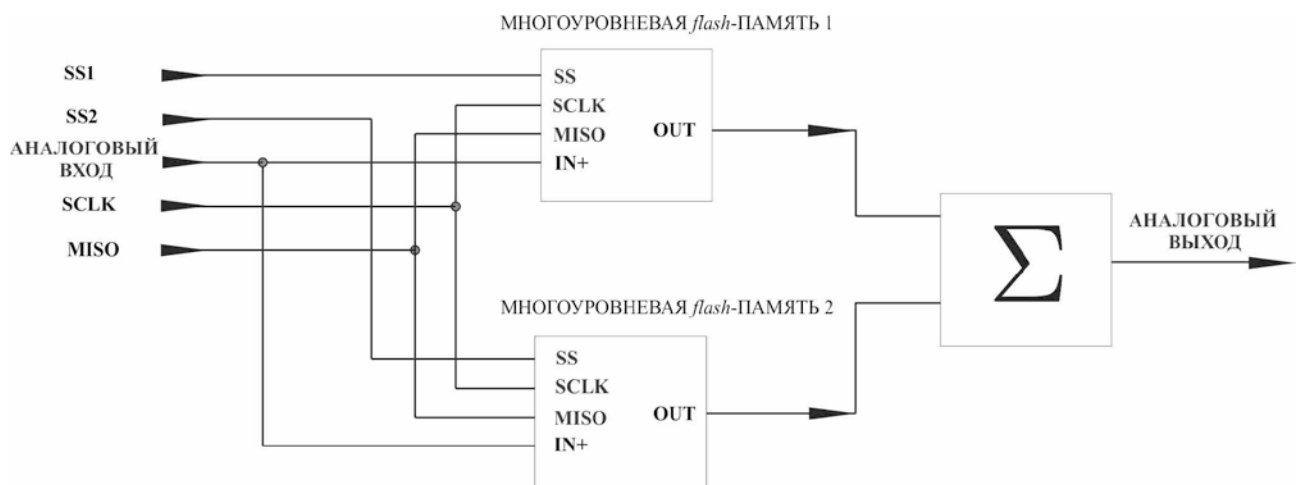


Рисунок П 3.3. Схема устройства для коррекции логоневроза на базе многоуровневой *flash*-памяти

По завершению процедуры передачи информации на один информационный вход та же процедура повторяется для второй микросхемы многоуровневой *flash*-памяти. После окончания передачи данных в оба накопителя на вход *SS* подаётся логическая единица, приводящая к исполнению принятой команды. После окончания цикла, определяемого числом записанных ячеек памяти – временем задержки сигнала, цикл повторяется, но уже с изменёнными на диаметрально противоположные режимами функционирования многоуровневой *flash*-памяти. Длительность задержки определяется числом использованных многоуровневых ячеек. Например, при использовании многоуровневой *flash*-памяти с частотой дискретизации 8 кГц и при записи 8000 ячеек в соответствии с формулой (П 3.1) длительность задержки будет составлять 1 с.

$$\tau_{\text{зад.}} = N / f_{\text{дискр.}}, \quad (\text{П 3.1})$$

где $\tau_{\text{зад.}}$ – длительность задержки, N – число ячеек, $f_{\text{дискр.}}$ – частота дискретизации.

Алгоритм функционирования [36] предлагаемого устройства представлен на рисунке П 3.1 [50, 91]. После включения электропитания осуществляется начальная инициализация микроконтроллера.

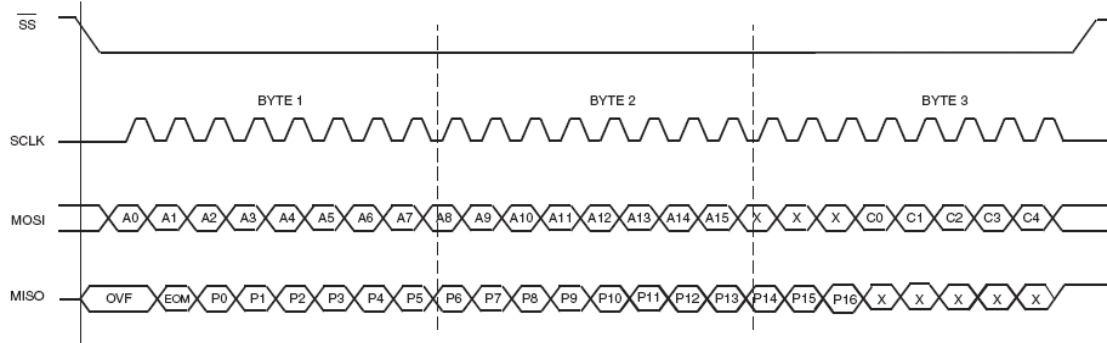


Рисунок П 3.4. Временные диаграммы сигналов управления многоуровневой *flash*-памяти

По окончании инициализации при помощи последовательного интерфейса *SPI* (рисунок П 3.4) осуществляется передача команды «включение питания» на микросхему многоуровневой *flash*-памяти. Далее анализируется состояние бита, отвечающего за переключение режимов функционирования многоуровневой *flash*-памяти, и выполняется их соответствующая инициализация. При достижении таймером установленного времени задержки изменяется состояние бита выбора режима функционирования многоуровневой *flash*-памяти и цикл повторяется [120, 125].

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

П 4.1 Расчёт коэффициентов детерминации и корреляции для интерполирующих функций

На рисунке П 4.1 приведена усредненная функция распределения вероятностей токов и интерполирующих функций - $F(i) = ai^2 + bi + c$ и $F(i) = 1 - \lambda e^{-\lambda i}$.

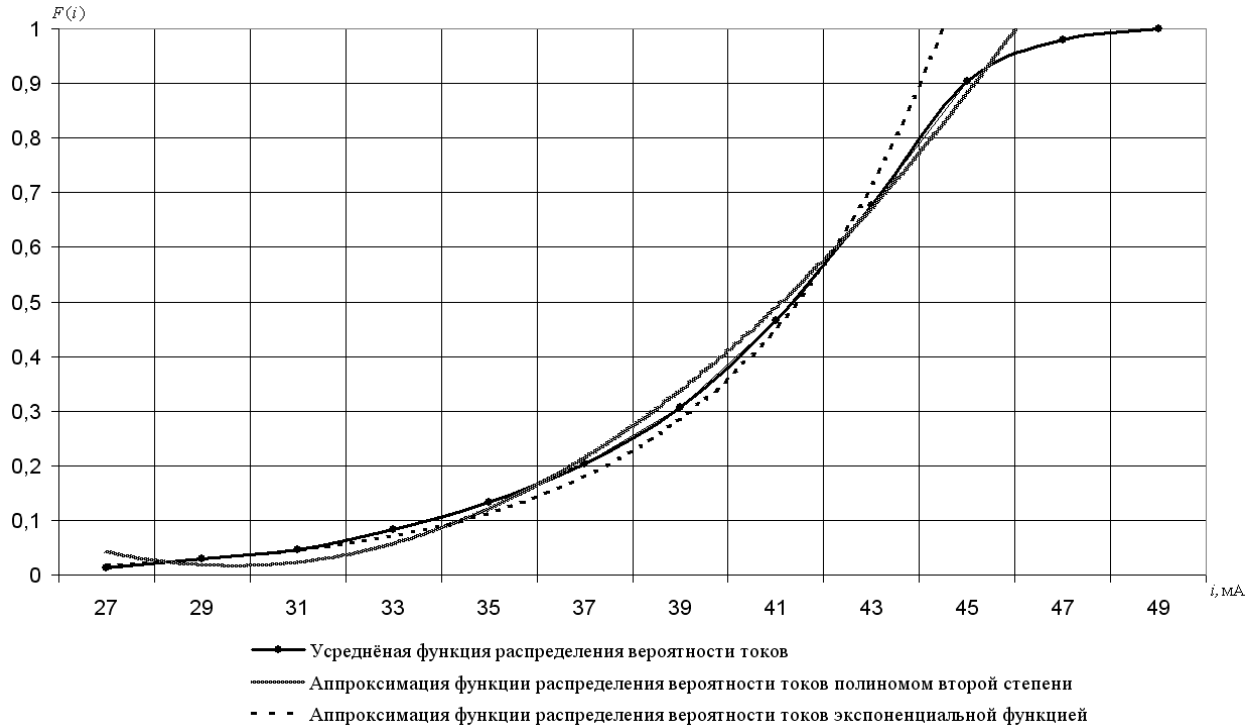


Рисунок П 4.1. Усредненная функция распределения вероятностей токов АИУ с электропитанием посредством абонентских линий

Таблица П 4.1. Значения функции в реперных точках

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x_i	26	27	29	30	32	33	35	38	40	43	44	45
y_i	0,013	0,030	0,047	0,083	0,133	0,203	0,307	0,467	0,677	0,903	0,98	1

Вычислить коэффициенты полинома необходимо по известным в точках $x_0, x_1, x_2, \dots, x_N$ значениям функции $f(x)$, а именно $y_0, y_1, y_2, \dots, y_N$. Требуется построить интерполирующую функцию $F(x)$, которая принимает в указанных точках те же значения, т. е. $F(x_0) = y_0, F(x_1) = y_1, \dots, F(x_N) = y_N$. Это означает, что необходимо найти кривую $y = F(x)$ определенного типа, проходящую через систему заданных точек. При такой общей постановке задача может иметь бесчисленное множество или совсем не иметь решений. Однако она становится однозначной, если вместо произвольной функции $F(x)$ искать полином $P_N(x)$, степени N , который проходит через все заданные точки.

Выбор полинома степени N основан на том факте, что через $N+1$ точку проходит единственная кривая степени N . Подставив значения функции y_i в точках x_i в выражение полинома, получим систему $N+1$ линейных уравнений. В данной системе уравнений известны все y_i, x_i^k , неизвестны все a_i . Число неизвестных равно числу уравнений, а именно $N+1$.

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 + a_1x_1 + a_2x_1^2 + a_3x_1^3 + a_4x_1^4 + a_5x_1^5 + a_6x_1^6 + a_7x_1^7 + a_8x_1^8 + a_9x_1^9 = y_1 \\ \dots \\ a_0 + a_1x_5 + a_2x_5^2 + a_3x_5^3 + a_4x_5^4 + a_5x_5^5 + a_6x_5^6 + a_7x_5^7 + a_8x_5^8 + a_9x_5^9 = y_5 \\ \dots \\ a_0 + a_1x_{10} + a_2x_{10}^2 + a_3x_{10}^3 + a_4x_{10}^4 + a_5x_{10}^5 + a_6x_{10}^6 + a_7x_{10}^7 + a_8x_{10}^8 + a_9x_{10}^9 = \\ y_{10}. \end{array} \right. \quad (\text{П 4.1})$$

Уравнения являются линейными относительно a_i , следовательно, их можно решить, а решение существует, и оно единственное. Поскольку привычнее решать уравнения относительно переменных x и y , поменяем местами обозначения x , являющиеся постоянными, на коэффициенты a , которые являются переменными и наоборот. Систему уравнений запишем в виде матрицы со строками i и столбцами j :

$$\begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1N+1}x_{N+1} = y_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2N+1}x_{N+1} = y_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3N+1}x_{N+1} = y_3 \\ \dots \\ a_{N+11}x_1 + a_{N+12}x_2 + a_{N+13}x_3 + \dots + a_{N+1N+1}x_{N+1} = y_{N+1}, \end{array} \quad (\text{П 4.2})$$

где x_j – неизвестные, a_{ij} – коэффициенты при неизвестных, y_i – свободные члены в уравнениях, i, j изменяют свои значения от 1 до $N+1$. Цель задачи – зная a_{ij} и y_i , найти x_j . Для решения системы уравнений воспользуемся методом Гаусса, суть которого состоит в том, что исходную систему уравнений можно свести к более простой системе треугольного вида (П 4.3). Особенность этой системы – в строках с номером i все коэффициенты a_{ij} при $j < i$ равны нулю. После того как система уравнений приведена к треугольному виду, из последнего уравнения находится $x_{N+1} = b_{N+1} / a_{N+1N+1}$. Полученное выражение для x_{N+1} подставляется в предпоследнее уравнение и из него находится x_N . Подставляются оба найденных решения в следующее с конца уравнение, и находится x_{N-1} .

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + a_{15}x_5 + a_{16}x_6 + a_{17}x_7 + a_{18}x_8 + a_{19}x_9 + a_{110}x_{10} = \\ b_1 \\ a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 + a_{25}x_5 + a_{26}x_6 + a_{27}x_7 + a_{28}x_8 + a_{29}x_9 + a_{210}x_{10} = \\ b_2 \\ \dots \\ a_{55}x_5 + a_{56}x_6 + a_{57}x_7 + a_{58}x_8 + a_{59}x_9 + a_{510}x_{10} = b_5 \\ a_{66}x_6 + a_{67}x_7 + a_{68}x_8 + a_{69}x_9 + a_{610}x_{10} = b_6 \\ \dots \\ a_{99}x_9 + a_{910}x_{10} = b_9 \\ a_{1010}x_{10} = b_{10}. \end{array} \right. \quad (\text{П 4.3})$$

И так далее, пока не будет найдено x_1 , на чем решение системы уравнений заканчивается [126]. Для того чтобы избежать громоздких вычислений, использована программная реализация метода Гаусса, рассчитывающая коэффициенты полинома степени N , в результате чего получено следующее выражение, которое для избежания путаницы с функцией распределения вероятностей $F(i)$, обозначим через $F_{a1}(i)$ и $F_{a2}(i)$ соответственно

$$F_{a1}(i) = 0,0027i^2 - 0,1337i + 1,6555. \quad (\text{П } 4.4)$$

Выражение для второй функции получено в популярной программе *Exell 2003*

$$F_{a2}(i) = 1 - (\lambda e^{-\lambda i}).$$

$$F(i) = 0,00005e^{0,2391i}. \quad (\text{П } 4.5)$$

Для оценки степени достоверности при использовании этих функций оценим возможные ошибки, которые они вносят. Наиболее достоверными являются методы детерминации и корреляции, которые позволяют оценить степень близости двух переменных. Коэффициент детерминации (R^2) – доля объяснённой дисперсии отклонений зависимой переменной от её среднего значения.

В таблице П 4.2 приведены данные для расчёта коэффициента детерминации между экспериментальной и интерполирующей функцией $F(i) = 0,00005e^{0,2391i}$.

Таблица П 4.2. Значения для расчёта коэффициента детерминации между экспериментальной и интерполирующей функцией $F(i) = 0,00005e^{0,2391i}$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{i} = \frac{\sum_{n=1}^{10} i_n}{10} = 0,286$
i_n	0,013	0,030	0,047	0,083	0,133	0,203	0,307	0,467	0,677	0,903	
y_n	0,025	0,032	0,051	0,065	0,105	0,134	0,215	0,441	0,712	1,459	

Зависимая переменная объясняется (прогнозируется) с помощью функции от объясняющих переменных, в частном случае является квадратом коэффициента корреляции между зависимой переменной и её прогнозируемыми значениями с помощью объясняющих переменных. Тогда можно сказать, что R^2 показывает, какая доля дисперсии результативного признака объясняется влиянием объясняющих переменных. Формула для вычисления коэффициента детерминации:

$$R^2 \equiv 1 - \frac{\sum_i^n (x_i - y_i)^2}{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (\text{П } 4.6)$$

где x_i – выборочные (полученные экспериментально) данные; y_i – соответствующие им значения модели (вычисленные теоретически).

Расчёт коэффициента детерминации между экспериментальной функцией и её интерполирующей функцией $F(i) = 0,00005e^{0,2391i}$.

$$R^2 = 1 - \frac{(0,013 - 0,025)^2 + (0,03 - 0,032)^2 + (0,047 - 0,051)^2 + (0,083 - 0,065)^2 + (0,133 - 0,105)^2 + (0,203 - 0,134)^2 + (0,307 - 0,215)^2 + (0,467 - 0,441)^2 + (0,677 - 0,712)^2 + (0,903 - 1,459)^2}{(0,013 - 0,286)^2 + (0,03 - 0,286)^2 + (0,047 - 0,286)^2 + (0,083 - 0,286)^2 + (0,133 - 0,286)^2 + (0,203 - 0,286)^2 + (0,307 - 0,286)^2 + (0,467 - 0,286)^2 + (0,677 - 0,286)^2 + (0,903 - 0,286)^2} = 0,610.$$

В таблице П 4.3 приведены данные для расчёта коэффициента детерминации между экспериментальной и интерполирующей функцией $F_{a1}(i) = 0,0027i^2 - 0,1337i + 1,6555$.

Таблица П 4.3. Значения для расчёта коэффициента детерминации между экспериментальной и интерполирующей функцией $F_{a1}(i) = 0,0027i^2 - 0,1337i + 1,6555$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{i} = \frac{\sum_{n=1}^{10} i_n}{10} = 0,286$
i_n	0,013	0,030	0,047	0,083	0,133	0,203	0,307	0,467	0,677	0,903	
y_n	0,005	0,014	0,049	0,075	0,142	0,184	0,284	0,474	0,628	0,899	

$$R^2 = 1 - \frac{(0,013-0,005)^2 + (0,03-0,014)^2 + (0,047-0,049)^2 + (0,083-0,075)^2 + (0,133-0,142)^2 + (0,203-0,184)^2 + (0,307-0,284)^2 + (0,467-0,474)^2 + (0,677-0,628)^2 + (0,903-0,899)^2}{(0,013-0,286)^2 + (0,03-0,286)^2 + (0,047-0,286)^2 + (0,083-0,286)^2 + (0,133-0,286)^2 + (0,203-0,286)^2 + (0,307-0,286)^2 + (0,467-0,286)^2 + (0,677-0,286)^2 + (0,903-0,286)^2} = 0,995.$$

Коэффициент корреляции – это показатель характера взаимного стохастического влияния изменения двух случайных величин. Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 до $+1$. Если его значение по модулю находится ближе к 1 , то это означает наличие сильной связи, а если ближе к 0 – связь слабая или вообще отсутствует. При коэффициенте корреляции, равном по модулю единице, говорят о функциональной связи, то есть изменения двух величин можно описать математической функцией. Для метрических величин применяется коэффициент корреляции Пирсона, точная формула которого была введена Фрэнсисом Гальтоном [67]. Пусть x, y – две случайные величины, определённые на одном вероятностном пространстве [82]. Тогда коэффициент их корреляции задаётся формулой:

$$R_{x,y} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{D(x)} \cdot \sqrt{D(y)}}, \quad (\text{П } 4.7)$$

где $\text{cov}(x, y)$ – ковариация, $D(*)$ – дисперсия. Развернутый вариант формулы:

$$R_{x,y} = \frac{M(xy) - M(x)M(y)}{\sqrt{M(x^2) - (M(x))^2} \sqrt{M(y^2) - (M(y))^2}}, \quad (\text{П } 4.8)$$

где $M(*)$ – математическое ожидание:

$$M(x) = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n}; \quad M(y) = \frac{\sum_{i=1}^n y}{n}; \quad M(xy) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n}; \quad M(x^2) = \frac{\sum_{i=1}^n x^2}{n}; \quad M(y^2) = \frac{\sum_{i=1}^n y^2}{n}. \quad (\text{П } 4.9)$$

В таблице П 4.4 представлены данные для расчёта коэффициента корреляции между экспериментальной и интерполирующей функцией $F_{a_2}(i) = 0,00005e^{0,2391i}$.

Таблица П 4.4. Данные для расчёта коэффициента корреляции между экспериментальной и интерполирующей функцией $F_{a_2}(i) = 0,00005e^{0,2391i}$.

n	i_n	y_n	$M(i)$	$M(y)$	$M(iy)$	$M(i^2)$	$M(y^2)$	$(M(i))^2$	$(M(y))^2$
1	0,013	0,025	0,286	0,324	0,212	0,166	0,291	0,082	0,105
2	0,03	0,032							
3	0,047	0,051							
4	0,083	0,065							
5	0,133	0,105							
6	0,203	0,134							
7	0,307	0,215							
8	0,467	0,441							
9	0,677	0,712							
10	0,903	1,459							

$$R_{i,y} = \frac{0,212 - 0,286 \cdot 0,324}{\sqrt{0,166 - 0,082} \cdot \sqrt{0,291 - 0,105}} = 0,957.$$

В таблице П 4.5 представлены данные для расчёта коэффициента корреляции между экспериментальной и интерполирующей функцией $F_{a_1}(i) = 0,0027i^2 - 0,1337i + 1,6555$.

Таблица П 4.5. Данные для расчёта коэффициента корреляции между экспериментальной и интерполирующей функцией $F_{a_1}(i) = 0,0027i^2 - 0,1337i + 1,6555$.

n	i_n	y_n	$M(i)$	$M(y)$	$M(iy)$	$M(i^2)$	$M(y^2)$	$(M(i))^2$	$(M(y))^2$
1	0,013	0,005	0,286	0,275	0,161	0,166	0,157	0,082	0,076
2	0,03	0,014							
3	0,047	0,049							
4	0,083	0,075							
5	0,133	0,142							
6	0,203	0,184							
7	0,307	0,284							
8	0,467	0,474							
9	0,677	0,628							
10	0,903	0,899							

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Зависимость слоговой разборчивости от числа перезаписей информации

Таблица П.5

Номер пары M flash-памяти	Количество перезаписей информации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	91,12	86,32	81,30	78,10	72,85	68,74	64,17	60,06	55,04	49,56
2	91,57	87,46	81,98	76,73	71,94	68,51	64,63	60,29	54,12	50,47
3	91,80	85,87	81,75	76,96	74,22	68,74	64,86	59,60	54,12	49,10
4	90,43	85,87	82,90	77,87	73,08	67,82	64,63	60,29	53,89	50,01
5	91,12	86,09	82,21	76,73	72,16	68,05	64,63	59,15	54,12	50,93
6	92,03	86,32	82,90	78,56	73,99	68,97	64,86	59,15	55,04	49,33
7	90,43	87,69	82,21	77,64	72,39	67,82	63,49	58,92	53,89	50,70
8	90,89	86,55	83,13	78,79	72,16	69,19	64,17	58,92	55,72	51,15
9	92,49	87,69	82,90	76,73	72,62	69,19	63,26	60,06	53,89	51,15
10	92,03	86,32	82,90	77,19	71,94	69,42	64,63	58,92	55,49	50,70
11	90,66	87,92	84,50	80,38	74,45	72,16	66,45	62,57	58,69	53,21
12	92,72	86,78	81,07	77,42	72,39	69,19	63,71	59,83	55,95	51,84
13	90,20	88,38	85,18	80,38	74,22	72,16	67,14	61,89	56,63	52,75
14	92,94	86,32	81,75	77,64	72,16	69,19	64,40	60,06	56,18	52,30
15	89,75	87,69	83,35	79,70	73,99	70,11	66,91	61,89	57,55	53,89
16	89,98	85,64	81,30	76,50	73,31	68,97	65,31	60,29	55,95	50,93
17	93,17	87,24	83,13	79,47	73,99	70,56	66,68	61,66	58,92	54,35
18	93,63	86,55	82,44	77,42	71,71	69,42	65,77	59,15	55,95	51,15
19	88,38	88,83	85,41	80,61	74,22	71,71	66,00	61,66	58,00	53,89
20	94,77	85,64	82,21	77,87	72,85	68,28	65,54	60,75	56,41	52,30
21	88,83	87,69	84,27	78,79	75,36	71,48	66,45	63,03	57,55	53,44
22	88,38	85,64	82,21	76,73	72,85	67,82	64,17	60,06	54,81	51,84

Продолжение таблицы П.5

23	94,31	89,29	84,50	79,47	76,05	71,71	67,82	63,49	56,86	54,35
24	93,86	85,64	81,07	78,10	72,85	69,88	64,40	60,06	55,95	50,47
25	88,83	88,83	84,04	80,16	74,45	71,02	66,45	62,80	56,63	53,89
26	92,26	85,64	81,75	77,42	73,53	68,05	65,54	61,20	55,95	52,52
27	89,06	87,46	84,50	79,24	75,13	70,56	67,14	63,49	58,46	54,12
28	94,09	85,41	81,53	77,19	72,85	69,88	64,17	60,75	56,63	51,61
29	89,52	89,06	83,81	78,79	75,36	71,02	66,68	63,26	57,32	53,89
30	91,57	85,18	81,53	76,96	73,76	68,05	65,08	59,60	56,18	50,70
31	92,94	89,06	83,81	79,47	75,36	72,16	66,00	61,66	57,78	54,58
32	90,20	87,01	82,21	76,27	72,16	69,19	65,08	59,38	54,35	52,30
33	95,00	87,69	84,04	78,56	76,05	71,25	68,05	62,34	57,55	54,58
34	88,38	85,87	82,67	76,27	72,85	69,88	65,08	59,15	55,04	50,70
35	90,43	87,92	83,58	80,61	75,82	71,71	66,45	62,80	56,86	53,67
36	92,49	85,64	81,98	78,10	73,53	69,88	65,08	60,52	55,49	50,47
37	92,72	87,92	84,27	79,70	74,45	71,02	67,60	62,12	58,92	54,12
38	88,61	87,01	81,07	76,96	72,39	68,97	65,77	59,38	55,04	52,30
39	91,35	88,15	85,18	79,70	75,59	71,94	67,14	61,89	57,55	53,67
40	90,66	85,41	82,44	77,87	73,76	68,05	65,08	59,38	56,18	51,15
41	93,63	89,06	85,18	79,70	75,36	71,94	66,91	61,89	56,86	53,89
42	89,52	86,09	81,98	77,87	73,08	69,19	63,71	59,15	54,81	50,47
43	91,80	88,83	84,04	80,61	76,05	71,48	67,60	63,49	57,32	52,75
44	89,52	85,64	82,90	77,19	71,94	68,51	65,54	60,06	54,35	52,07
45	92,72	87,46	85,18	79,24	75,82	71,25	66,68	61,89	58,69	54,58
46	91,57	85,64	80,84	78,33	72,85	68,05	64,17	59,60	56,41	52,30
47	91,80	89,29	85,18	79,93	76,05	70,34	68,05	63,03	58,23	53,89
48	91,57	85,18	82,90	77,42	73,53	67,82	65,54	60,75	54,81	51,38
49	88,83	88,83	84,04	80,16	74,45	71,02	66,45	62,80	56,63	53,89
50	92,26	85,64	81,75	77,42	73,53	68,05	65,54	61,20	55,95	52,52

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Выборочные статистические измерения параметров аудиоинформационных устройств

Таблица П.6.1. Четырёхканальные АИУ с электропитанием посредством абонентских линий

Аудиоинформатор № 00003				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	29,8	28,5	27,2	30,6
Ток потребления в режиме считывание, мА	17,9	17,1	16,3	18,4
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	5,2	5,0	4,8	5,3

Аудиоинформатор № 00007				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	29,1	31,1	27	28,2
Ток потребления в режиме считывание, мА	17,5	18,7	16,2	16,9
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	5,1	5,4	4,7	4,9

Аудиоинформатор № 00011				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	27,4	30,6	27	28,7
Ток потребления в режиме считывание, мА	16,4	18,4	16,2	17,2
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	4,8	5,3	4,7	5,0

Аудиоинформатор № 00013				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	28,3	29,8	27,2	28,9
Ток потребления в режиме считывание, мА	17,0	17,9	16,3	17,3
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	4,9	5,2	4,8	5,1

Аудиоинформатор № 00111				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	28,5	27,2	26,2	28,7
Ток потребления в режиме считывание, мА	17,1	16,3	15,7	17,2
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	5,0	4,8	4,6	5,0

Аудиоинформатор № 00117				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	26,5	28,5	29,8	28,2
Ток потребления в режиме считывание, мА	15,9	17,1	17,9	16,9
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	4,6	5,0	5,2	4,9

Аудиоинформатор № 00127				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	27,7	31,7	29,8	27,4
Ток потребления в режиме считывание, мА	16,6	19,0	17,9	16,4
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	4,8	5,5	5,2	4,8

Аудиоинформатор № 00129				
Параметр	Канал №1	Канал №2	Канал №3	Канал №4
Ток потребления в режиме запись, мА	25,6	26,8	27,5	28,3
Ток потребления в режиме считывание, мА	15,4	16,1	16,5	17,0
Частота сигнала <i>RAC</i> , Гц	4,5	4,7	4,8	4,9

Таблица П.6.2. Одноканальные АИУ с электропитанием посредством абонентских линий

№ АИУ	Ток потребления в режимах (мА):		Частота сигнала РАС, Гц
	запись	считывание	
00003	26,8	16,1	4,7
00007	30,2	18,1	5,3
00011	27,4	16,4	4,8
00017	27,9	16,7	4,9
00033	25,4	15,2	4,4
00047	30,8	18,5	5,4
00048	32,5	19,5	5,7
00049	27,7	16,6	4,8
00057	30,8	18,5	5,4
00063	27,5	16,5	4,8
00077	28,9	17,3	5,1
00078	29,7	17,8	5,2
00083	26,5	15,9	4,6
00089	29,6	17,8	5,2
00093	27,7	16,6	4,8
00097	26,3	15,8	4,6
00211	26,3	15,8	4,6
00217	24,0	14,4	4,2
00222	25,3	15,2	4,4
00228	28,8	17,3	5,0
00262	29,6	17,8	5,2
00274	29,8	17,9	5,2
00275	28,2	16,9	4,9
00287	29,1	17,5	5,1
00303	27,0	16,2	4,7
00310	25,6	15,4	4,5
00311	28,5	17,1	5,0
00318	27,9	16,7	4,9
00339	29,6	17,8	5,2
00353	31,3	18,8	5,5
00357	27,7	16,6	4,8
00378	26,2	15,7	4,6
00379	31,3	18,8	5,5
00500	28,9	17,3	5,1
00512	27,9	16,7	4,9
00514	29,4	17,6	5,1
00519	29,1	17,5	5,1
00523	28,5	17,1	5,0
00526	29,8	17,9	5,2
00530	28,7	17,2	5,0
00541	26,5	15,9	4,6
00544	30,8	18,5	5,4
00553	30,2	18,1	5,3
00561	29,7	17,8	5,2
00565	28,2	16,9	4,9
00567	27,5	16,5	4,8
00570	26,2	15,7	4,6
00571	28,9	17,3	5,1
00583	29,1	17,5	5,1
00592	28,5	17,1	5,0
00596	27,5	16,5	4,8

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Анкета для оценки качества восприятия телефонных услуг связи

Таблица П.7.1. Результаты опроса по анкете №1

№	Вопрос	
1.	Как часто вы используете услуги проводной телефонной связи?	
<i>а.</i>	Раз в месяц	95
<i>б.</i>	Раз в неделю	20
<i>в.</i>	Несколько раз в неделю	40
<i>г.</i>	Раз в день	50
<i>д.</i>	Более 3 раз в день	45
2.	Вас устраивает стоимость услуги?	
<i>а.</i>	Полностью устраивает	70
<i>б.</i>	Частично не устраивает	63
<i>в.</i>	Не всегда устраивает	60
<i>г.</i>	Частично устраивает	23
<i>д.</i>	Полностью не устраивает	35
3.	Ваша оценка качества речи при общении посредством проводной телефонной связи?	
<i>а.</i>	Удовлетворены в высшей степени	15
<i>б.</i>	Удовлетворены	200
<i>в.</i>	Редко удовлетворены	13
<i>г.</i>	Часто не удовлетворены	12
<i>д.</i>	Постоянно не удовлетворены	10
4.	Как вы оцениваете надёжность соединения при проводной телефонной связи?	
<i>а.</i>	Очень высокая	12
<i>б.</i>	Высокая	135
<i>в.</i>	Иногда не высокая	80
<i>г.</i>	Часто низкая	20
<i>д.</i>	Постоянно низкая	3
5.	Как часто вы осуществляете вызовы по изменённым номерам?	
<i>а.</i>	Раз в месяц	172
<i>б.</i>	Раз в неделю	47
<i>в.</i>	Несколько раз в неделю	18
<i>г.</i>	Раз в день	0
<i>д.</i>	Более 3 вызовов в день	13
6.	Откуда вы получаете информацию о факте изменения телефонного номера?	
<i>а.</i>	Получено уведомление по почте	23
<i>б.</i>	Сообщили владельцы номера	118
<i>в.</i>	Через Интернет	20
<i>г.</i>	Средства массовой информации	36
<i>д.</i>	Автоинформационное устройство при осуществлении вызова по старому номеру	53
7.	На какой срок должен быть установлен автоответчик, сообщающий об изменении номера?	
<i>а.</i>	1 месяц	50
<i>б.</i>	3 месяца	60
<i>в.</i>	6 месяцев	40
<i>г.</i>	12 месяцев	40
<i>д.</i>	Вплоть до передачи номера другому абоненту	60
8.	Какой вариант изменения нумерации доставляет вам наибольшее неудобство?	
<i>а.</i>	Изменение номера абонента без изменения кода	30
<i>б.</i>	Кода (495 на 499)	83
<i>в.</i>	Кода + изменение номера АТС	17
<i>г.</i>	Кода + изменение номера АТС + изменение номера абонента	120
<i>д.</i>	Кода + изменение номера АТС + изменение номера абонента	0

Продолжение таблицы П.7.1

9.	Как долго готовы вы ждать ответа абонента (аудиоинформационного устройства)?	
<i>а.</i>	Два сигнала – ответ станции	23
<i>б.</i>	Три сигнала – ответ станции	69
<i>в.</i>	Четыре сигнала – ответ станции	35
<i>г.</i>	Пять сигналов – ответ станции	53
<i>д.</i>	Более пяти сигналов – ответ станции	70
10.	Сколько раз должна повторяться информация об изменившемся номере?	
<i>а.</i>	Один раз	27
<i>б.</i>	Два раза	154
<i>в.</i>	Три раза	48
<i>г.</i>	Четыре раза	3
<i>д.</i>	Пять раз	18

Таблица П.7.2. Результаты опроса по анкете №2 оценки качества восприятия телефонных услуг связи

№	Вопрос	
1.	Как часто вы используете аудиоинформатор в сотовом телефоне?	
<i>а.</i>	Раз в месяц	97
<i>б.</i>	Раз в неделю	18
<i>в.</i>	Несколько раз в неделю	13
<i>г.</i>	Раз в день	13
<i>д.</i>	Более 3 раз в день	9
2.	Вас устраивает стоимость услуги?	
<i>а.</i>	Полностью устраивает	41
<i>б.</i>	Частично не устраивает	21
<i>в.</i>	Не всегда устраивает	50
<i>г.</i>	Частично устраивает	19
<i>д.</i>	Полностью не устраивает	19
3.	Ваша оценка качества речи при общении посредством телефонной связи?	
<i>а.</i>	Удовлетворены в высшей степени	0
<i>б.</i>	Удовлетворены	131
<i>в.</i>	Редко удовлетворены	16
<i>г.</i>	Часто не удовлетворены	0
<i>д.</i>	Постоянно не удовлетворены	3
4.	Как вы оцениваете надёжность соединения при телефонной связи?	
<i>а.</i>	Очень высокая	6
<i>б.</i>	Высокая	81
<i>в.</i>	Иногда не высокая	44
<i>г.</i>	Часто низкая	16
<i>д.</i>	Постоянно низкая	3
5.	Как часто вы осуществляете вызовы по изменённым номерам (495 на 499)?	
<i>а.</i>	Раз в месяц	94
<i>б.</i>	Раз в неделю	12
<i>в.</i>	Несколько раз в неделю	19
<i>г.</i>	Раз в день	22
<i>д.</i>	Более 3 вызовов в день	3
6.	Как вы узнаете об изменении номера (не вашего, а вызываемого абонента)?	
<i>а.</i>	Случайно, услышали от знакомых	25
<i>б.</i>	Сообщили владельцы номера	59
<i>в.</i>	Через Интернет	16
<i>г.</i>	Средства массовой информации	19
<i>д.</i>	Автоинформационное устройство при осуществлении вызова по старому номеру	31

Продолжение таблицы П.7.2

7.	На какой срок должен быть установлен автоответчик, сообщающий об изменении номера?	
<i>а.</i>	1 месяц	41
<i>б.</i>	3 месяца	41
<i>в.</i>	6 месяцев	25
<i>г.</i>	12 месяцев	9
<i>д.</i>	Вплоть до передачи номера другому абоненту	34
8.	Какой вариант изменения нумерации доставляет вам наибольшее неудобство?	
<i>а.</i>	Изменение номера абонента без изменения кода (495 на 499)	28
<i>б.</i>	Кода (495 на 499)	12
<i>в.</i>	Кода (495 на 499) + изменение номера АТС	16
<i>г.</i>	Кода (495 на 499) + изменение номера абонента	13
<i>д.</i>	Кода (495 на 499) + изменение номера АТС + изменение номера абонента	81
9.	Как долго готовы вы ждать ответа абонента (аудиоинформационного устройства)?	
<i>а.</i>	Два сигнала – ответ станции	38
<i>б.</i>	Три сигнала – ответ станции	31
<i>в.</i>	Четыре сигнала – ответ станции	28
<i>г.</i>	Пять сигналов – ответ станции	22
<i>д.</i>	Более пяти сигналов – ответ станции	31
10.	Сколько раз должна повторяться информация об изменившемся номере?	
<i>а.</i>	Один раз	22
<i>б.</i>	Два раза	97
<i>в.</i>	Три раза	22
<i>г.</i>	Четыре раза	0
<i>д.</i>	Более пяти раз	9

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

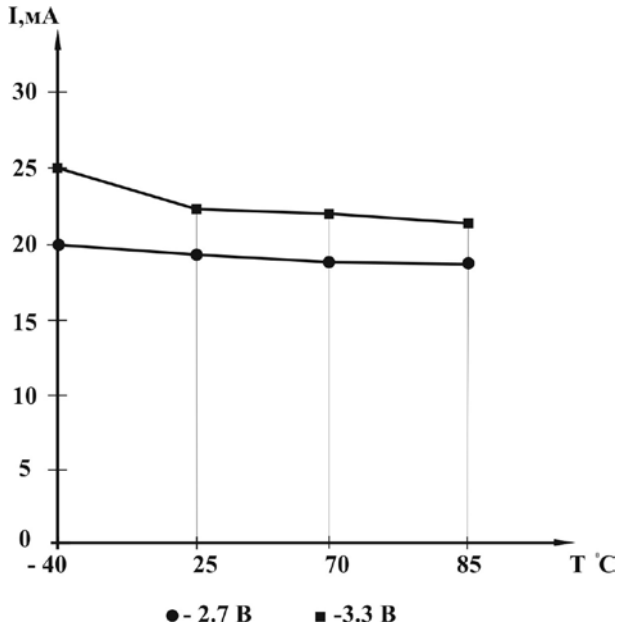
Характеристики многоуровневой *flash*-памятиТиповые характеристики многоуровневой *flash*-памяти

Рисунок П.8.1. Зависимость тока потребления в режиме записи от температуры

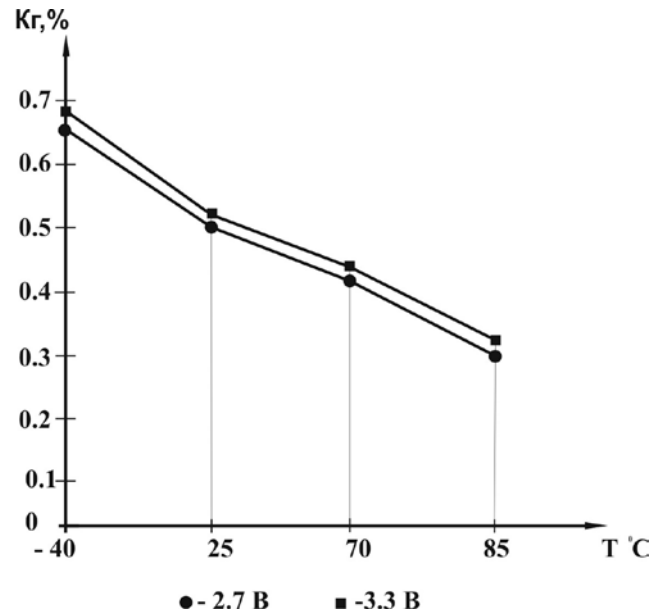


Рисунок П.8.2. Зависимость Kг от температуры

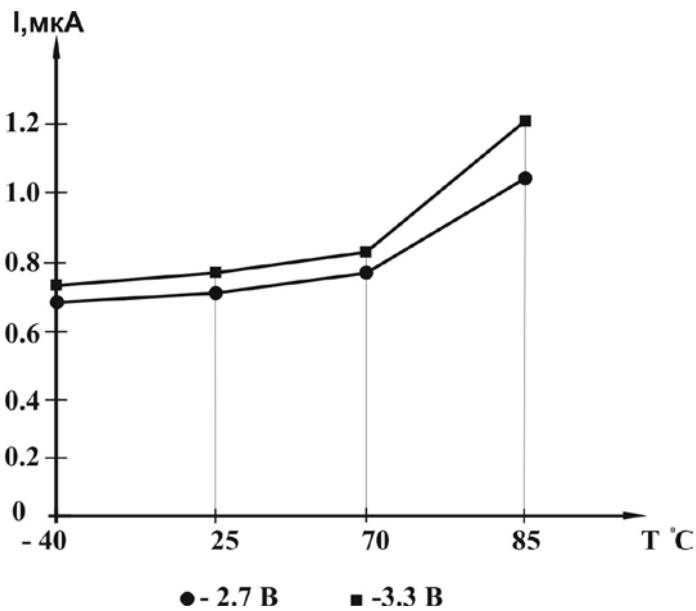


Рисунок П.8.3. Зависимость тока потребления в режиме ожидания от температуры

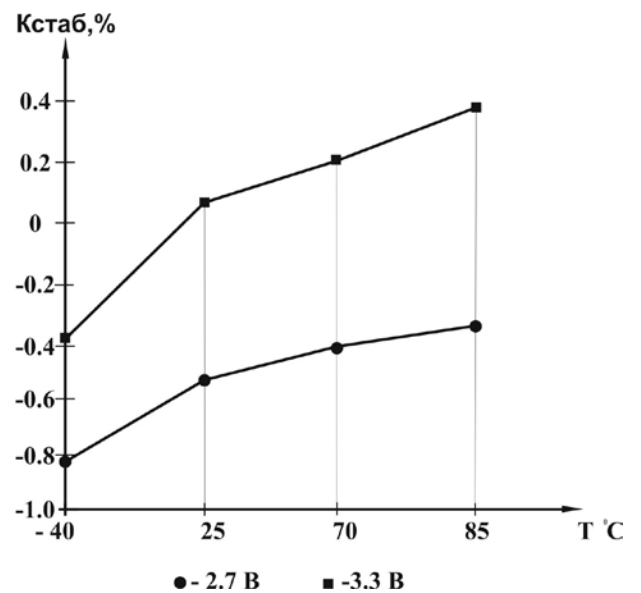


Рисунок П.8.4. Зависимость стабильности частоты генератора от температуры

Предельно допустимые характеристики многоуровневой *flash*-памяти

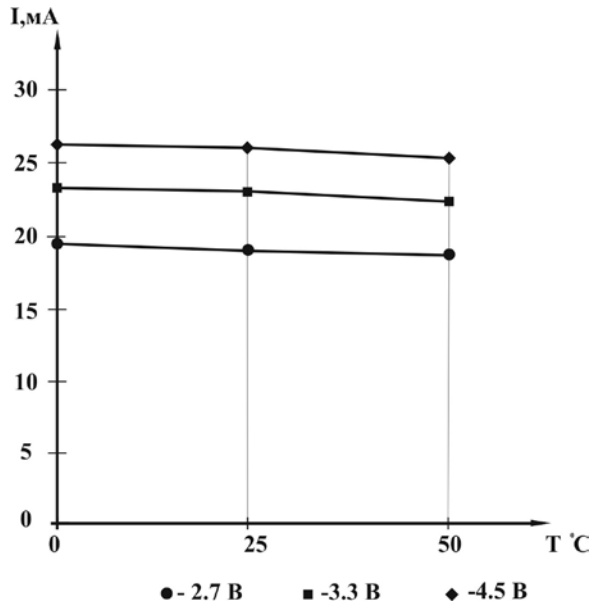


Рисунок П.8.5. Зависимость тока потребления в режиме запись от температуры

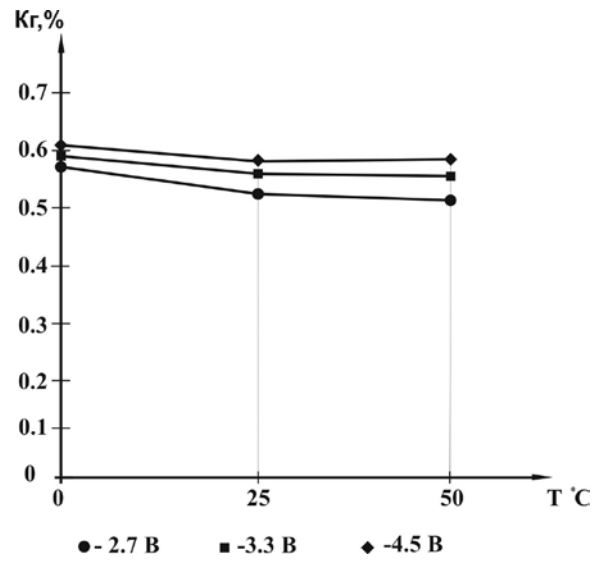


Рисунок П.8.6. Зависимость K_g от температуры

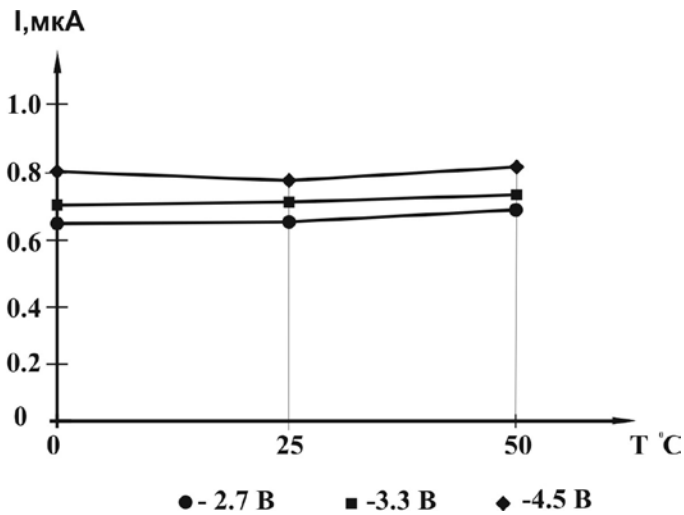


Рисунок П.8.7. Зависимость тока потребления в режиме ожидания от температуры

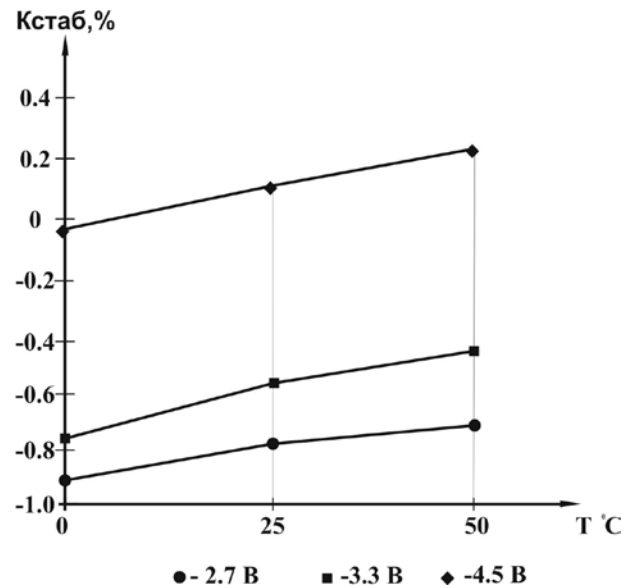


Рисунок П.8.8. Зависимость $K_{стаб}$ от температуры

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Классификация многоуровневой *flash*-памяти по полосе пропускания

Таблица П.9

Серия	Полоса пропускания (частота дискретизации)									
	5,1 (12) кГц		3,4 (8,0) кГц		2,7 (6,4) кГц		2,3 (5,3) кГц		1,7 (4,0) кГц	
	Тип микросхемы	Т зап (мах),с	Тип микросхемы	Т зап (мах),с	Тип микросхемы	Т зап (мах),с	Тип микросхемы	Т зап (мах),с	Тип микросхемы	Т зап (мах),с
<i>ISD10XX</i>	-	-	<i>ISD1016A</i>	16	<i>ISD1020A</i>	20	-	-	-	-
<i>ISD11XX</i>	-	-	-	-	<i>ISD1110</i>	10	<i>ISD1112</i>	12	-	-
<i>ISD12XX</i>	-	-	-	-	<i>ISD1210</i>	10	<i>ISD1212</i>	12	-	-
<i>ISD14XX</i>	-	-	<i>ISD1416A</i>	16	<i>ISD1420</i>	20	-	-	-	-
<i>ISD16XX</i>	<i>ISD1610-6,6</i>	6,6	<i>ISD1610-10</i>	10	<i>ISD1610-12,5</i>	12,5	<i>ISD1610-15</i>	15	<i>ISD1610-20</i>	20
<i>ISD16XX</i>	<i>ISD1612-8</i>	8	<i>ISD1612-12</i>	12	<i>ISD1612-15</i>	15	<i>ISD1612-18</i>	18	<i>ISD1612-24</i>	24
<i>ISD16XX</i>	<i>ISD1616-10,6</i>	10,6	<i>ISD1616-16</i>	16	<i>ISD1616-20</i>	20	<i>ISD1616-24</i>	24	<i>ISD1616-32</i>	32
<i>ISD16XX</i>	<i>ISD1620-13,3</i>	13,3	<i>ISD1620-20</i>	20	<i>ISD1620-25</i>	25	<i>ISD1620-30</i>	30	<i>ISD1620-40</i>	40
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD1730-20</i>	20	<i>ISD1730-30</i>	30	<i>ISD1730-37</i>	37	<i>ISD1730-45</i>	45	<i>ISD1730-60</i>	60
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD1740-26</i>	26	<i>ISD1740-40</i>	40	<i>ISD1740-50</i>	50	<i>ISD1740-60</i>	60	<i>ISD1740-80</i>	80
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD1750-33</i>	33	<i>ISD1750-50</i>	50	<i>ISD1750-62</i>	62	<i>ISD1750-75</i>	75	<i>ISD1750-100</i>	100
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD1760-40</i>	40	<i>ISD1760-60</i>	60	<i>ISD1760-75</i>	75	<i>ISD1760-90</i>	90	<i>ISD1760-120</i>	120
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD1790-60</i>	60	<i>ISD1790-90</i>	90	<i>ISD1790-112</i>	112	<i>ISD1790-135</i>	135	<i>ISD1790-180</i>	180
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD17120-80</i>	80	<i>ISD17120-120</i>	120	<i>ISD17120-150</i>	150	<i>ISD17120-180</i>	180	<i>ISD17120-240</i>	240
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD17150-100</i>	100	<i>ISD17150-150</i>	150	<i>ISD17150-187</i>	187	<i>ISD17150-226</i>	226	<i>ISD17150-300</i>	300
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD17180-120</i>	120	<i>ISD17180-180</i>	180	<i>ISD17180-225</i>	225	<i>ISD17180-271</i>	271	<i>ISD17180-360</i>	360
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD17210-140</i>	140	<i>ISD17210-210</i>	210	<i>ISD17210-262</i>	262	<i>ISD17210-317</i>	317	<i>ISD17210-420</i>	420
<i>ISD17XX</i>	<i>ISD17240-160</i>	160	<i>ISD17240-240</i>	240	<i>ISD17240-300</i>	300	<i>ISD17240-362</i>	362	<i>ISD17240-480</i>	480
<i>ISD18XX</i>	-	-	<i>ISD1806-6</i>	6	<i>ISD1806-7,5</i>	7,5	<i>ISD1806-9</i>	9	<i>ISD1806-12</i>	12
<i>ISD18XX</i>	-	-	<i>ISD1810-8</i>	8	<i>ISD1810-10</i>	10	<i>ISD1810-12</i>	12	<i>ISD1810-16</i>	16
<i>ISD25XX</i>	-	-	<i>ISD2532</i>	32	<i>ISD2540</i>	40	<i>ISD2548</i>	48	<i>ISD2564</i>	64
<i>ISD25XX</i>	-	-	<i>ISD2560</i>	60	<i>ISD2575</i>	75	<i>ISD2590</i>	90	<i>ISD25120</i>	120
<i>ISD33XXX</i>	-	-	<i>ISD33060</i>	60	<i>ISD33075</i>	75	<i>ISD33090</i>	90	<i>ISD33120</i>	120
<i>ISD33XXX</i>	-	-	<i>ISD33120</i>	120	<i>ISD33150</i>	150	<i>ISD33180</i>	180	<i>ISD33240</i>	240
<i>ISD4002-XXX</i>	-	-	<i>ISD4002-120</i>	120	<i>ISD4002-150</i>	150	<i>ISD4002-180</i>	180	<i>ISD4002-240</i>	240
<i>ISD4003-XX</i>	-	-	<i>ISD4003-4M</i>	240	<i>ISD4003-5M</i>	300	<i>ISD4003-6M</i>	360	<i>ISD4003-8M</i>	480
<i>ISD4004-XX</i>	-	-	<i>ISD4004-8M</i>	480	<i>ISD4004-10M</i>	600	<i>ISD4004-12M</i>	720	<i>ISD4004-16M</i>	960
<i>ISD5008-XX</i>	-	-	<i>ISD5008-4M</i>	240	<i>ISD5008-5M</i>	300	<i>ISD5008-6M</i>	360	<i>ISD5008-8M</i>	480
<i>ISD51XX</i>	-	-	<i>ISD5102-65</i>	65	<i>ISD5102-81</i>	81	<i>ISD5102-98</i>	98	<i>ISD5102-131</i>	131
<i>ISD51XX</i>	-	-	<i>ISD5104-131</i>	131	<i>ISD5104-163</i>	163	<i>ISD5104-197</i>	197	<i>ISD5104-262</i>	262
<i>ISD51XX</i>	-	-	<i>ISD5108-262</i>	262	<i>ISD5108-327</i>	327	<i>ISD5108-393</i>	393	<i>ISD5108-524</i>	524
<i>ISD51XX</i>	-	-	<i>ISD5116-524</i>	524	<i>ISD5116-655</i>	655	<i>ISD5116-786</i>	786	<i>ISD5116-1048</i>	1048
<i>ISD52XX</i>	-	-	<i>ISD5216-483</i>	483	<i>ISD5216-604</i>	604	<i>ISD5216-729</i>	729	<i>ISD5116-966</i>	966

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Свидетельства о регистрации программных продуктов



Рисунок П.10.1

АВТОРСКИЙ
ДИПЛОМ



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

СВИДЕТЕЛЬСТВО

Об официальной регистрации программы для ЭВМ

№ 2003612619

На основании Закона Российской Федерации "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных", введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ


**Программа управления малогабаритным автоинформационным
четырёхкапальным программно-аппаратным комплексом**

Правообладатель(и):
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский технический университет связи и информатики (Государственное образовательное учреждение) (RU)

Автор(ы):
Шерехов Алексей Николаевич, Орлов Владимир Георгиевич (RU)

Страна: Российская Федерация
по заявке № 2003612064, дата поступления: 2 октября 2003 г.

Зарегистрировано в
Регистре программ для ЭВМ
г. Москва, 2 декабря 2003 г.



Генеральный директор
А.Д. Корсакин

Рисунок П.10.2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2008611467

Программа управления автоматизированным
аудиоинформационным устройством с электропитанием
от абонентской телефонной линии ГТС.

Правообладатель(ли): *Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Московский технический университет связи и информатики (RU)*

Автор(ы): *Терехов Алексей Николаевич,
Орлов Владимир Георгиевич (RU)*

Заявка № 2008610535

Дата поступления 14 февраля 2008 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ

24 марта 2008 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

Рисунок П.10.3

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2011611227

Программа управления аудиоинформационным устройством
с «энергонезависимой» передачей речевой информации для ГТС

Правообладатель(ли): *Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Московский технический университет связи и информатики
(ГОУ ВПО МТУСИ) (RU)*

Автор(ы): *Терехов Алексей Николаевич,
Манонина Ирина Владимировна (RU)*

Заявка № 2010617793

Дата поступления 13 декабря 2010 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
4 февраля 2011 г.



*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам*

Б.П. Симонов

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

П 11.1 Патент на изобретение

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 371 866** (13) **C1**(51) МПК
H04L 9/26 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008113337/09, 09.04.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.04.2008

(45) Опубликовано: 27.10.2009 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1821922 A1, 15.06.1993. RU 2178237
C2, 10.01.2002. US 6865215 B1, 08.03.2005.
EP 0774842 A2, 21.05.1997. EP 0798874 A2,
01.10.1997.

Адрес для переписки:

111024, Москва, ул. Авиамоторная, 8А, отдел
ИРИС, МТУСИ, Е.П. Зелевичу

(72) Автор(ы):

Разумов Владимир Иванович (RU),
Терехов Алексей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования Московский технический
университет связи и информатики (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ В МНОГОЛУЧЕВЫХ КАНАЛАХ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

(57) Реферат:

Устройство передачи дискретной информации шумоподобными сигналами в многолучевых каналах с переменными параметрами предназначено для использования в модемах систем связи с пилотными шумоподобными сигналами. Достижимый технический результат - повышение эффективности использования каналов, путем увеличения скорости передачи дискретной информации. Устройство содержит генератор тактовых импульсов, генераторы

псевдослучайных последовательностей, генератор несущей частоты, фазовращатель на 90°, два перемножителя, сумматор, линию задержки, источник информации, фазовый манипулятор, два делителя частоты, формирователь цикловых импульсов, три ключа, дополнительный источник информации, два преобразователя кодов, объединяющее устройство, формирователь информационных сигналов дополнительного источника информации. 4 ил.

RU 2 371 866 C 1

RU 2 371 866 C 1

П 11.2 Оценка способов передачи дополнительной информации по каналам связи

Рассмотрены способы передачи дополнительной информации по каналам связи на примере передачи радиовещательных сигналов. Оцениваются возможные скорости передачи дискретной ДИ и энергетическая эффективность перечисленных способов. Будем считать для определённости, что сигнал ДИ представляет собой пакет двоичных импульсов объёмом 1024 двоичных единиц. При передаче сигналов ДИ без прерывания процесса передачи радиовещательных сигналов допустимый уровень защищённости сигналов радиовещания, согласно [84], для 2-го класса качества радиовещания равен 51 дБ и 60 дБ для высшего класса качества. Занимаемые радиовещательными сигналами полосы частот равны соответственно $F_{S,2} = 6,3 \cdot 10^3$ Гц и $F_{S,B} = 15 \cdot 10^3$ Гц. Если для передачи сигналов ДИ используются двоичные сигналы длительностью $F_{S,2}$, то время, необходимое для передачи всего информационного пакета, составляет $T_{\text{ПАК.2}}$. Использование в этих условиях ШПС позволяет минимизировать пиковую мощность сигналов ДИ. При этом, если ШПС образован путём внутриимпульсной манипуляции по закону некоторой псевдослучайной последовательности (ПСП), длительности элементарных импульсов T_{Θ} в последовательностях составляют соответственно:

$$F_{S,2} = 1/T_{S,2} = 0,16 \text{ мс} \quad \text{и} \quad T_{\Theta,B} = 1/F_{S,B} = 0,067 \text{ мс}. \quad (\text{П } 11.1)$$

База ШПС равняется $B = T_S/T_{\Theta}$. Допустимый уровень помех радиовещательному сигналу должен быть на 51 дБ (для радиовещательного канала 2-го класса качества) и на 60 дБ (для канала высшего класса качества) ниже уровня радиовещательного сигнала, т. е. соответственно должны выполняться условия:

$$P_{\text{РВ.С}}/P_{\text{ПОМ}} > 10^{5,1} \quad \text{и} \quad P_{\text{РВ.С}}/P_{\text{ПОМ}} > 10^6, \quad (\text{П } 11.2)$$

где $P_{\text{РВ.С}}$ – средняя мощность радиовещательного сигнала; $P_{\text{ПОМ}} = P_{\text{Ш}} + P_{\text{С.ДИ}}$ – суммарная мощность флуктуационных помех и средней мощности сигналов ДИ.

Принимая в первом приближении, $P_{\text{С.ДИ}} \gg P_{\text{Ш}}$, можно оценить минимальное значение базы ШПС, требуемое для совместной передачи в общем канале радиовещательного сигнала и сигнала ДИ. Для обеспечения, например $P_{\text{ОШ}} > 10^{-2}$, при приёме фазоманипулированных шумоподобных сигналов (ФМН – ШПС) [когерентный приём при идеальной синхронизации] требуется, чтобы отношение сигнал/шум на входе решающего устройства приёмника сигналов ДИ было равно $h^2 = 2E/N_0 > 5$ дБ. Так как обработка ШПС (в корреляторе или согласованном фильтре) увеличивает отношение сигнал/шум в базу раз, то при отношении мощности сигнала ДИ к средней мощности радиовещательного сигнала $r^2 = P_{\text{С.ДИ}}/P_{\text{РВ.С}}$ для получения $h^2 = 3,2$ (5 дБ) необходимо использовать ШПС с базами B_2 и B_B , которые определяются из соотношений $h^2 = Br^2$: $B_2 = 3,2 \cdot 10^5$ и $B_B = 3,2 \cdot 10^6$. При этом длительности информационных посылок сигнала ДИ при 2-м и высшем классах качества передачи радиовещательного сигнала составят соответственно:

$$T_{S,2} = 3,2 \cdot 10^5 \cdot 0,16 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ с.} \quad \text{и} \quad T_{S,B} = 3,2 \cdot 10^6 \cdot 0,067 \cdot 10^{-3} = 210 \text{ с.} \quad (\text{П } 11.3)$$

Умножая полученные значения на 1024, убеждаемся в том, что в этом случае можно передавать некоторую вспомогательную информацию, например синхросигналы, в ждущем режиме и недопустимости такого режима для эффективной передачи сигналов ДИ. Одним из известных путей приведения в соответствие технической скорости передачи $V = 1/T_S$ и скорости передачи информации от источника ДИ R является переход от двоичной передачи к m -ичной передаче. При этом

имеет место замена некоторой части пакета из n -двоичных символов одним m -позиционным символом, т. е. следует использовать более крупный алфавит передаваемых символов ($m > 2$). Оценим, используя методику, применённую в [110], энергетические соотношения для ортогональных и противоположных сигналов для случая 2-го класса качества радиовещательного канала. В качестве критерия оценки будем использовать отношение сигнал/шум, которое необходимо для приёма одной двоичной единицы информации с вероятностью ошибки не превышающей, например, значения $P_{\text{ОШ}} = 10^{-2}$. Будем считать, что моделью помехи для сигналов ДИ является белый шум, и вызываемые им ошибки являются статистически независимыми.

Пусть h_2^2 – отношение средних мощностей сигнала и шума на входе приёмника сигналов ДИ, необходимое для приёма группы из n -двоичных символов с заданной вероятностью ошибки. С учётом независимости ошибок при приёме каждого из n -двоичных сигналов вероятность ошибочного приёма n -двоичных сигналов при $P_1 \ll 1$ определяется выражением:

$$P_{\text{ОШ}} = 1 - (1 - P_1)^n \approx nP_1, \quad (\text{П } 11.4)$$

где P_1 – вероятность ошибочного приёма двоичного сигнала.

Так как один равновероятный m -ичный символ несёт $\log_2 m = n$ двоичных единиц информации, то при m -ичной передаче:

$$h_{\text{эКВ}}^2 = h_m^2 / \log_2 m = h_m^2 / n. \quad (\text{П } 11.5)$$

При $P_{\text{ОШ},2} = P_{\text{ОШ},m}$ выигрыш в отношении сигнал/шум m -ичной системы по сравнению с двоичной составляет $h = h_2^2 / h_{\text{эКВ}}^2$. Вероятность ошибочного приёма ортогональных сигналов определяется выражением:

$$P_{\text{ош},m} = \left[(-1)^{i+1} / (i+1) C_i^{m-1} \exp(-ih^2) / (i+1) \right]. \quad (\text{П } 11.6)$$

При $m = 2$: $P_{\text{ОШ},2} = nP_1 = 0,5n \exp(-0,5h_2^2)$.

При $m > 2$ и $P_{\text{ОШ},m} \ll 1$: $P_{\text{ОШ},m} \sim 0,5 (m-1) \exp(-0,5 h_{\text{эКВ}}^2 \log_2 m)$.

Из приведённых соотношений можно получить:

$$h_2^2 = \frac{\lg(0,5n) - \lg P_2}{0,5 \lg e}; \quad h_{\text{эКВ}}^2 = \frac{\lg[0,5(m-1)] - \lg P_{\text{ош},m}}{0,5 \lg m \lg e}. \quad (\text{П } 11.7)$$

При использовании противоположных сигналов

$$h_{2\text{пр}} = \frac{\lg(0,5n) - \lg P_2}{\lg e}. \quad (\text{П } 11.8)$$

Выигрыш при m -ичной передаче по сравнению с двоичной передачей ортогональных сигналов определяется выражением

$$h = \log_2 m \frac{\lg(0,5n) - \lg P_2}{\lg[0,5(m-1)] - \lg P_2}. \quad (\text{П } 11.9)$$

Выигрыш по сравнению с двоичной передачей противоположных сигналов составляет $h_{\text{пр}} = 0,5h_{\text{ОПТ}}$. Результаты расчётов для $P_2 = P_m = 10^{-2}$ приведены в таблице П11.1.

Таблица П 11.1. Сравнение энергетических показателей двоичной и m -ичной систем

m	8	16	32	64	128	256	512	1024
n	3	4	5	6	7	8	9	10
$\eta_{\text{орт}}$	2,56	3,21	3,76	4,25	4,68	5,07	5,42	5,73
$\eta_{\text{прот}}$	1,28	1,6	1,88	2,12	2,32	2,5	2,71	2,86

Увеличение позиционности передаваемых сигналов позволяет за счёт усложнения приёмно-передающей аппаратуры уменьшить время, необходимое для передачи исходного информационного пакета. Так, например, как это видно из таблицы П 11.1, передача вместо 4-х двоичных сигналов ($n = 4$) одного 16-ичного сигнала позволяет в 4 раза снизить время на передачу пакета ДИ, а также получить энергетический выигрыш в 3,21 раза при использовании ортогональных сигналов и 1,6 раза при использовании противоположных сигналов. К достоинствам системы с ФМ-ШПС следует отнести возможность формировать сигналы с более равномерной спектральной плотностью мощности. Таким образом, можно сделать выводы:

1. Время, необходимое для передачи информационного пакета из 1024 двоичных символов в режиме совместной передачи радиовещательных сигналов и сигналов от источника дополнительной информации, составляет $t_{\text{ПЕР.(2)}} = 51200$ с (при работе в канале 2-го качества радиовещания) и $t_{\text{ПЕР.(В)}} = 2150040$ с (при работе в канале высшего качества радиовещания). Даже при переходе к m -ичному кодированию передаваемых информационных символов время, необходимое для передачи всего информационного пакета, является недопустимо большим. Так, при совместной передаче радиовещательных сигналов высшего класса качества и 16-ичных сигналов ДИ требуется время, равное 896 минут.

2. Увеличение основания кода передаваемых сигналов позволяет получить энергетический выигрыш по сравнению с передачей двоичных сигналов. Так, переход от $m=2$ к $m=16$ обеспечивает выигрыш в отношении сигнал/шум в 3,21 раза (≈ 5 дБ).

3. Использовать случайно возникающие паузы радиовещательного сигнала, в течение которых уровень радиовещательного сигнала не превышает некоторого порога, не является целесообразным ввиду сложности реализации приёмного устройства. Сложным в реализации является блок, осуществляющий объединение отдельных элементов сигнала, которые появляются в случайные моменты времени и имеют случайные длительности.

4. Работоспособным является режим работы, при котором организуются искусственные паузы в радиовещательном сигнале. Во время пауз и передаются сигналы ДИ. Максимально допустимая длительность одной такой паузы составляет 0,3 с. Весь пакет сигналов ДИ может быть передан со скоростью передачи 20 Бод за 43 паузы. В случае работы в канале высшего качества в паузах могут передаваться ШПС с базой порядка 720. Если принять, что интервал между паузами должен быть на порядок больше длительности самих пауз, то общее время передачи всего информационного пакета должно быть порядка 150 с.

5. При изменении коэффициента передачи канала во времени (например, при работе в КВ диапазоне) накопление копий сигнала позволяет получить выигрыш в отношении сигнал/шум только при наличии корреляции искажений отдельных копий. Если суммарное время передачи копий сигнала существенно превышает время корреляции процесса, характеризующего изменение

коэффициента передачи канала во времени, то целесообразно использовать один из алгоритмов разнесенной во времени передачи. При этом наиболее эффективным (с точки зрения как сложности реализации приёмопередающей аппаратуры, так и выигрыша в отношении сигнал/шум) является осуществление двух – трёхкратного разнесения. В этом случае возможно передавать большее число копий сигнала, а в приёмнике после анализа характеристик принимаемого сигнала (например, с помощью блока оценки качества канала, в котором может быть включено и устройство подавления узкополосных помех) принимать решения по двум – трём копиям сигнала [122].

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Аудиоинформационные устройства с электропитанием посредством абонентской линии



Рисунок П.12.1. Одноканальное АИУ с электропитанием посредством АЛ



Рисунок П.12.2. Четырёхканальное АИУ с электропитанием посредством АЛ

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Акты о внедрении результатов диссертации

УТВЕРЖДАЮ

Директор Департамента
эксплуатации систем
коммутации ОАО МГТС



См
О. Ю. Сычева

«24» *декабрь* 2014 г.

АКТ

научно-технической комиссии о внедрении результатов диссертационной работе Терехова А.Н. на тему: «Развитие метода оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации» использованных при разработке серий аудиоинформационных устройств в техническую эксплуатацию на Московской городской телефонной сети.

Комиссия в составе Директора Департамента эксплуатации систем коммутации Сычевой О.Ю., Ведущего инженера электросвязи Отдела комплекса МПН Косоруковой И.Е. и Ведущего инженера электросвязи Отдела комплекса МПН Каданцева А.Н. составил настоящий акт о том, что диссертация Терехова Алексея Николаевича посвящена теоретическим исследованиям и практической разработке аудиоинформационных устройств.

Результатами диссертационного исследования изменения телефонной нумерации являются: причины снижения и полученные оценки качества восприятия услуг связи; разработанный подход для обеспечения заданной вероятности охвата абонентов оповещением предложенные критерии восприятия услуг связи; исследованные способы записи и методы кодирования речи для синтеза информационных сообщений применяемых в аудиоинформационных устройствах.

Основные научные положения диссертации, связанные с исследованием и оптимизацией параметров накопителей речевой информации, использованы при переходе МГТС на 10-значную нумерацию в аудиоинформационных устройствах различного функционального назначения: МАТЛ-4, АТЛ-8 и АСТЛ-8.

Более чем десятилетний опыт эксплуатации аудиоинформационных устройств, внедренных на МГТС, подтвердил достоверность научных выкладок и реализованных на их базе технических решений, позволивших обеспечить гарантированное качество восприятия услуг связи при изменении телефонной нумерации.

«24» *декабрь* 2014 г.

Члены комиссии: *И.Е. Косорукова* Косорукова И.Е.

А.Н. Каданцев

Каланцев А.Н.

УТВЕРЖДАЮ
Проректор ФГОБУ ВПО
Московский технический университет
связи и информатики
по учебной работе
к.т.н., доцент

« 29 » *сентября* 2014 г.
Е.В. Титов



А К Т

об использовании результатов диссертационной работы А.Н. Терехова на тему: «Развитие метода оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации» в учебном процессе кафедры ТиЗВ им. С.И. Катаева ФГОБУ ВПО МТУСИ

Комиссия в составе заведующего кафедрой, д.т.н., проф. Безрукова В.Н., к.т.н., проф. Попова О.Б., к.т.н., доц. Абрамова В.А. удостоверяет, что результаты диссертационного исследования Терехова А.Н., его программные и аппаратные разработки, а также подготовленные фонограммы сложносоставных числительных используются в учебном процессе кафедры ТиЗВ им. С.И. Катаева, а именно:

- в лабораторных работах «Субъективная оценка качества речевых сигналов при их обработке и кодировании», проводимых в течение последних лет. Студенты на практике знакомятся с современными способами записи и хранения речевого сигнала и факторами влияющими на качество его передачи, еще не нашедшими отражение в учебной литературе;

- для определения коэффициента взаимосвязи субъективных оценок и объективных параметров при использовании имитационной модели оценки качества передачи речи в ходе выполнении выпускных квалификационных работ и курсового проектирования.

Зав. каф. ТиЗВ им. Катаева, д.т.н., проф.

Проф. каф. ТиЗВ им. Катаева, к.т.н.

Доц. каф. ТиЗВ им. Катаева, к.т.н.

В.Н. Безруков В.Н. Безруков
О.Б. Попов О.Б. Попов
В.А. Абрамов В.А. Абрамов

Рисунок П.13.2. Акт о внедрении результатов диссертации на кафедре ТиЗВ им. С.И. Катаева

УТВЕРЖДАЮ
Проректор ФГОБУ ВПО
Московский технический университет
связи и информатики
по учебной работе



А К Т

об использовании результатов диссертационной работы А.Н. Терехова на тему: «Развитие метода оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации» в учебном процессе кафедры «Экология, безопасность жизнедеятельности и электропитание» (ЭБЖиЭ)

Комиссия в составе Заведующего кафедрой Экологии, безопасности жизнедеятельности и электропитания д.ф.-м.н., проф. Павлова А.Н, к.т.н., проф. Рысина Ю.С., к.т.н., доц. Костюка Е.В. удостоверяет, что в учебном процессе кафедры ЭБЖиЭ при чтении лекций курса БЖД по разделам «Электробезопасность» и «Чрезвычайные ситуаций», используются результаты диссертационного исследования соискателя Терехова А.Н., а именно:

- предложенная формализованная модель «Абонент–ТфОП– Среда акустическая» для оценки качества восприятия услуг связи, которая отличается от известных учётом способов оповещения об изменении телефонной нумерации и параметров акустической среды;
- разработанные диссертантом алгоритмы и способы реализации устройств оповещения, которые позволяют снизить возможность получения травматизма связанного с применением сети 220В и обеспечить бесперебойную передачу информации при чрезвычайных ситуациях;
- уточненный коэффициент эффективных попыток вызовов и необходимая длительность автоматизированного оповещения абонентов об изменении нумерации, которые позволяют осуществлять своевременное информирование о чрезвычайных ситуациях.

Зав. каф. ЭБЖиЭ, д.ф.-м.н., проф.

А.Н. Павлов

Проф. каф. ЭБЖиЭ, к.т.н.

Ю.С. Рысин

Доц. каф. ЭБЖиЭ, к.т.н.

Е.В. Костюк

Рисунок П.13.3. Акт о внедрении результатов диссертации на кафедре ЭБЖиЭ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ФГОБУ ВПО МГУСИ
по научной работе, к.т.н.

Алёшин В.С.

« 7 » декабря 2014 г.

А К Т

о реализации результатов кандидатской диссертации А.Н. Терехова «Развитие метода оценки качества услуг связи при изменении телефонной нумерации» в научно-исследовательской работе по договору № 1 от 01.07. 2012 г «Разработка методик оценки восприятия пользователем (*QoE*) мультисервисных услуг по параметрам качества обслуживания (*QoS*) и концепции автоматического непрерывного контроля качества телефонной передачи «из конца в конец».

Комиссия в составе: к.т.н., зав. лабораторией Догаева С.Г., д.т.н., проф. С.С. Шаврина, к.т.н., проф. В.Ю. Деарта установила, что результаты исследований, выполненных Тереховым А.Н. в диссертационной работе, касающихся разработок: метода оценки восприятия пользователем (*QoE*) телефонных услуг связи, по параметрам качества обслуживания (*QoS*); программно-аппаратного комплекса для имитационного моделирования параметров и оценки допустимого диапазона значений NP/QoS/QoE при внедрении перспективных речевых услуг связи; параметров QoS и QoE для предоставляемых и перспективных речевых услуг связи; подхода к исследованию взаимного влияния параметров NP/QoS/QoE, основанного на анализе влияния трафика речевых услуг связи на параметры функционирования сети (NP); учёта субъективной составляющей коэффициента эффективных попыток вызовов при передаче сложносоставных числительных по IP-сетям, реализованы в научно-исследовательской работе по договору № 1 от 01.07.2012 г «Разработка методик оценки восприятия пользователем (*QoE*) мультисервисных услуг по параметрам качества обслуживания (*QoS*) и концепции автоматического непрерывного контроля качества телефонной передачи «из конца в конец»».

Члены комиссии

С.Г. Догаев

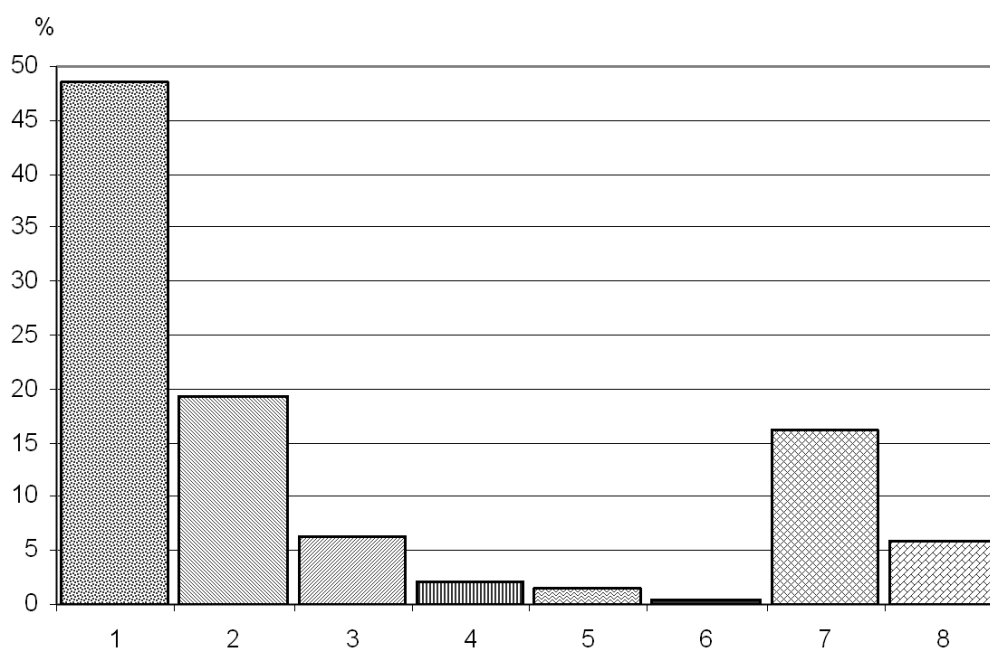
В.Ю. Деарт

С.С. Шаврин

ПРИЛОЖЕНИЕ 14
Причины снижения качества восприятия услуг связи
при изменении телефонной нумерации (на примере Московской ГТС)



Рисунок П.14.1. Алгоритм набора номера абонента после изменения телефонной нумерации



Изменен код с 495 на 499

1. Изменён только код
2. Изменён только номер АТС
3. Изменён номер АТС и внутренний номер абонента
4. Изменён номер АТС, после изменения кода, внутренний номер абонента остался без изменения
5. Изменён номер АТС и внутренний номер абонента
6. Без изменения номера АТС с изменением внутреннего номера абонента

Без изменения кода 495

7. Изменён номер АТС, внутренний номер абонента остался без изменения
8. Изменён номер АТС и внутренний номер абонента

Рисунок П.14.2. Варианты изменения телефонных номеров абонентов МГТС

После изменения кода, при условии, что известен номер вызываемого абонента, для набора его номера необходимо воспользоваться алгоритмом, представленном на рисунке П.10.1. Изменение путём замены кода с 495 на 499 без смены телефонного номера осуществляется примерно в 50 % случаев (рисунок П.10.2). В оставшихся 50 % случаев необходимо знать изменения, внесённые в исходный семизначный телефонный номер.

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

План реконструкции аналоговой ёмкости Московской ГТС

СОГЛАСОВАНО: * с учетом некачественных
Требований приказа Минкомсвязи от 30.10.2009
№ 137
Заместитель Министра Связи и
Массовых Коммуникаций РФ

Мардер Н.С.

«20» 01 2010 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор ОАО МГТС

Назаров С.В.

«20» 01 2010 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель Департамента транспорта и связи
города Москвы

Кичеджи В.Н.

«11» 02 2010 г.

ПЛАН РЕКОНСТРУКЦИИ АНАЛОГОВОЙ ЁМКОСТИ ОАО МГТС
НА 2010 — 2013 ГОДЫ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ 100% ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕТИ

План реконструкции 2010 г.				
ЦУС	Объекты реконструкции			Срок ввода
	АТС	Абонент.	Коммут.	
ПтЦУС	402, 403, 404	30 500		июл. 2010г.
	976, 977	19 600	400	сент. 2010 г.
	480, 481	24 500		окт. 2010 г.
	405, 406, 407	31 600		окт. 2010 г.
	476, 478, 479, 472 (9т.)	33 500		июл. 2010г.
ЛбЦУС	308	11 500		июл. 2010г.
	356, 357	23 500		авг.2010г.
	461, 463, 464	33 500		окт. 2010 г.
	373, 374	21 500		авг. 2010г.
ЦтЦУС	250, 251	18 500	2 000	окт. 2010 г.
	253	11 900		сент. 2010 г.
	254	11 500		сент. 2010 г.
	235	13 700		сент. 2010 г.
	236, 237	22 800		окт. 2010 г.
ТуЦУС	414 (8,9т.) с/х Заречье	2 500		окт. 2010 г.
Всего, 2010 г.:		310 600	2 400	

План реконструкции 2011 г.				
ЦУС	Объекты реконструкции			Срок ввода
	АТС	Абонент.	Коммут.	
ПтЦУС	453, 454, 456	30 000		2 кв.
	470, 472(0-8т.)	19 000		1 кв.
	471	10 000		1 кв.
	487, 488(0- 5,8,9т), 489	26 500	1 500	4 кв.
	457,458, 459(5,6,8т.)	23 000		4 кв.
	473, 477	20 000		4 кв.
	474, 475	20 000		4 кв.
	450, 459(3,4т.)	12 000		2 кв.
	451, 455	19 500	500	3 кв.
	452, 459(1,2,7,9,0т.)	12 000	3 000	2 кв.

Рисунок П.15.1. План реконструкции аналоговой ёмкости Московской ГТС

ЛБЦУС	460(0-4,7,8т.96-90с.), 466, 467, 469	37 000	500	4 кв.
	962(0,1,6-9т.), 963, 964(0-4,6-9т.)	19 000	6 000	2 кв.
	365, 366, 918(2,3т.)	22 000		3 кв.
	934	10 000		1 кв.
ТуЦУС	435, 439	17 400	2 200	2 кв.
	440, 443, 444	28 000	2 000	3 кв.
	446, 447, 448	30 000		3 кв.
	490(0-6,9т.)	6 000	2 000	2 кв.
	491	10 000		4 кв.
	494, 495, 496, 490(7,8т.)	32 000		4 кв.
	930, 938(0-3,5-9), 939(0-8т.)	18 400	9 600	4 кв.
	433,434,436	20 000	10 000	3 кв.
	441, 442, 449(1,2т.)	22 000		2 кв.
	492,493,497	32 000		4 кв.
	445, 449(0,3,7-9т.)	12 000	3 000	2 кв.
ЦрЦУС	420, 428(0,4-9т.), 429	17 000	10 000	2 кв.
	421, 422, 423	29 000	1 000	2 кв.
	425, 426, 427	29 000	1 000	4 кв.
	424, 337, 338, 339	36 000	4 000	4 кв.
	320, 323	17 700	2 300	4 кв.
	324	10 000		
Всего, 2011 г:		646 500	58 600	

План реконструкции 2012 г.				
ЦУС	Объекты реконструкции			Срок ввода
	АТС	Абонент.	Коммут.	
ПтЦУС	482, 488(6,7т.)	12 000		4 кв.
	483, 484, 485,486(8,9т.)	32 000		4 кв.
	486(0-7т.)	8 000		2 кв.
	462	10 000		3 кв.
ЛБЦУС	465, 965	19 100	900	1 кв.
	468	10 000		1 кв.
	355	8 700	1 300	1 кв.
	371	10 000		3 кв.
	358, 359	19 000	1 000	2 кв.
	370, 375, 918(6,7т.)	22 000		3 кв.
	372, 376, 377	30 000		3 кв.
	378, 379	20 000		1 кв.
	700	10 000		4 кв.
	360	10 000		4 кв.
ЦтЦУС	361, 362, 918(0,1т.)	17 500	4 500	4 кв.
	935, 936	16 000	4 000	1 кв.
ТуЦУС	931, 932, 938(4т.)	20 000	1 000	4 кв.
	412, 413, 414(0,5-7т.), 415	31 000	3 000	4 кв.
	416, 417	20 000		1 кв.
	430, 437	19 100	900	1 кв.
	431, 432	19 700	300	1 кв.
	438	9 400	600	2 кв.
	325	10 000		4 кв.
	326, 327	20 000		3 кв.
328, 329	20 000		2 кв.	
390, 393, 394	30 000		2 кв.	

Рисунок П.15.2. План реконструкции аналоговой ёмкости Московской ГТС

ЦрЦУС	391, 392, 343(0-4)	25 000		2 кв.
	395, 396, 344(0-5,6,9т.)	28 000		3 кв.
	321, 322	20 000		4 кв.
	397, 398, 399	29 500	500	3 кв.
	313, 314, 315	28 000	2 000	4 кв.
	316	10 000		2 кв.
	330, 335, 336	29 000	1 000	4 кв.
	331, 332	14 000	6 000	4 кв.
	333, 334	16 000	4 000	4 кв.
Всего, 2012 г.:		653 000	31 000	

План реконструкции 2013 г.				
ЦУС	Объекты реконструкции			Срок ввода
	АТС	Абонент.	Коммут.	
ЛБЦУС	300, 307, 305(8,9т.), 918(4,5т.)	24 000		1 кв.
	301, 302, 303, 918(8,9т.)	32 000		2 кв.
	304, 305(0-7т.)	18 000		2 кв.
	350	10 000		1 кв.
	352(7,8т.)	2 000		1 кв.
	351, 352(0,1,4-6т.)	12 000	3 000	1 кв.
	353, 354	20 000		1 кв.
	306,368	19 200	800	2 кв.
	309	10 000		2 кв.
	ЦрЦУС	383, 384, 385	28 000	2 000
310, 318, 319		29 000	1 000	1 кв.
311, 312		20 000		1 кв.
381, 382		20 000		2 кв.
386, 387, 388, 389		39 500	500	2 кв.
Всего, 2013 г.:		283 700	7 300	

Итого, реконструкция 2010-2013 гг., абонент. емкость: 1 893 800
Итого, реконструкция 2010-2013 гг., коммутат. емкость: 99 300
Начало работ: 4 кв. 2009 г.
Завершение работ: 2 кв. 2013 г.

СОГЛАСОВАНО:

Вице-президент по технологиям ОАО "Комстар-ОТС"

А.И. Кириллов

Заместитель Генерального директора — Технический директор ОАО МГТС

В.А. Лебедев

Заместитель Генерального директора — Коммерческий директор ОАО МГТС

Н.Ю. Бродский

Вр. и.о. Заместителя Генерального директора — Финансового директора ОАО МГТС

Н.Г. Ермоленко

Директор по логистике и управлению имуществом ОАО МГТС

А.А. Гуськов

Директор по эксплуатации Технического Блока ОАО МГТС

А.В. Данилушкин

Директор по развитию Технического Блока ОАО МГТС

К.Ю. Каплин

Директор по информационным технологиям Технического Блока ОАО МГТС

А.Ю. Баклыков

Рисунок П.15.3. План реконструкции аналоговой ёмкости Московской ГТС

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

Уточнённый план реконструкции аналоговой ёмкости Московской ГТС

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор ОАО "МГТС"

Иванов С.В.

"11" 11 2010 г.

План реконструкции 2011г. (1-й этап, АТСШ)

ЦУС	Объекты реконструкции					Срок ввода
	АТС	Абонент. Емкость*	Концентра торы	Спаренные аб.(задейств.)	Коммут. емкость (задейств.)	
ПтЦУС	457, 458, 459(5,6,8т.)	23000	1000	4538	0	4 кв.2011
	473, 477	20000	5300	3868	0	4 кв.2011
	487, 488(0-5, 8, 9т.), 489	26500	0	5145	1300	4 кв.2011
ТуЦУС	492, 493, 497	30000	2000	5084	0	4 кв.2011
	431, 432	19700	3000	6082	0	4 кв.2011
	445, 449(0,3,7-9т.)	12000	4000	2251	2700	4 кв.2011
ЦрЦУС	323, 320	17700	3000	0	900	4 кв.2011
	324	10000	0	1065	0	
Итого:		158900	18300	28033	4900	

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель Генерального директора -
Финансовый директорЗаместитель Генерального директора -
Коммерческий директорЗаместитель Генерального директора -
Технический директор

Директор по развитию

Директор по логистике и управлению имуществом

Начальник Царицынского центра услуг связи

Начальник Петровского центра услуг связи

Начальник Тушинского центра услуг связи

Д.В. Шароватов

Н.Ю. Бродский

А.В. Данилушкин

К.Ю. Каплин

С.В. Самойлов

В.П. Родкин

В.Н. Булатов

К.А. Толстихин

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Декларация о соответствии разработанных аудиоинформационных устройств (АТЛ-8мс) требованиям «Правила применения оконечного оборудования, подключаемого к двухпроводному аналоговому стыку ТфОП»

1. Заявитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования (ГОУ ВПО) Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ), являющийся Изготовителем, зарегистрирован Межрайонной инспекцией ФНС России № 22 по г. Москве
наименование организации или ФИО индивидуального предпринимателя, принявших декларацию о соответствии
 22.06.1998, основной государственный регистрационный № 1027700117191,

сведения о регистрации организации или индивидуального предпринимателя
 (наименование регистрирующего органа, дата регистрации, регистрационный номер)
 адрес местонахождения: Россия, 111024, Москва, Авиамоторная ул., д. 8а, тел./факс. (495) 957 78 32,
 kant@srd.mtuci.ru

адрес места нахождения, телефон, факс, а также (при наличии) адрес электронной почты
 в лице проректора по научной работе - начальника Научно-исследовательской части (НИЧ) МТУСИ Алешина Виктора Сергеевича

должность, ФИО руководителя организации, от лица которой принимается декларация о соответствии
 заявляет, что автоинформатор АТЛ-8мс, изготовленный на собственной производственной базе по адресу: 111024, Москва, Авиамоторная ул., д. 8а

наименование, тип, марка средства связи
 соответствует требованиям Правил применения оконечного оборудования, подключаемого к двухпроводному аналоговому стыку телефонной сети связи общего пользования (далее Правила), утвержденных приказом Мининформсвязи России №102 от 29.08.2005 г. (Зарегистрирован в Минюсте России 02.09.2005г., регистрационный № 6982).

обозначение требований, соответствие которым подтверждено данной декларацией, с указанием при необходимости пунктов, содержащих требования для данного средства связи
 и не окажет дестабилизирующее воздействие на целостность, устойчивость функционирования и безопасность единой сети электросвязи Российской Федерации.

2. Назначение и техническое описание

2.1. Версия программного обеспечения: 2.010

2.2. Комплектность: автоинформатор АТЛ-8мс, микрофон с кабелем и штекером, техническое описание и инструкция по эксплуатации, упаковочная коробка.

2.3. Условия применения на сети связи общего пользования РФ: в качестве оконечного оборудования для передачи сообщений через двухпроводный аналоговый стык телефонной сети связи общего пользования.

2.4. Выполняемые функции: осуществляет оперативную запись-воспроизведение речевых сообщений, энергонезависимое сохранение записанной информации, контроль и регулировка уровня записи и уровня передаваемого в линию сигнала. Используется в службах массового обслуживания в составе оборудования справочно-информационных, заказных и сервисных служб.

2.5. Емкость коммутационного поля: не выполняет функций систем коммутации.

2.6 Характеристики радиозлучения: не является радиоэлектронным средством.

2.7. Схема подключения к сети связи общего пользования Российской Федерации:

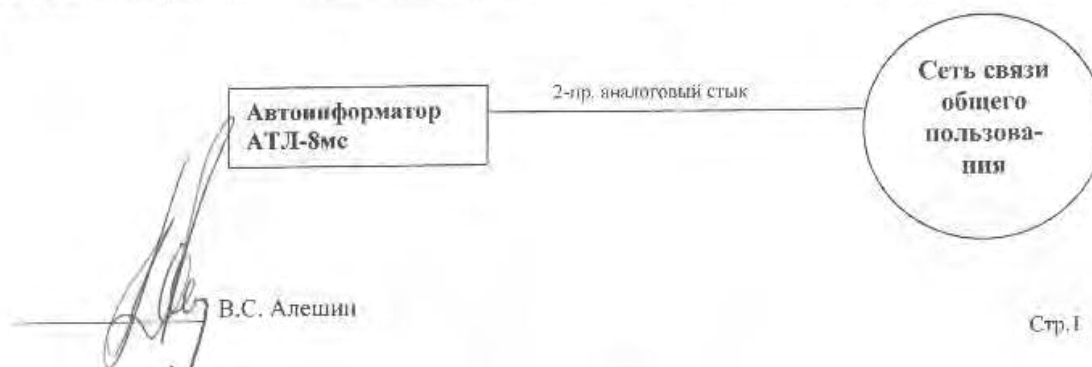


Рисунок П.17.1. Декларация о соответствии (АТЛ-8мс) АИУ (лицевая сторона)

ГОУ ВПО МТУСИ

Автоинформатор АТЛ-8мс

2.8. Электрические характеристики: соответствуют п.п. 6.1-6.3, 7, 9, 10.1, 17, 23 раздела II Правил

2.9. Реализуемые интерфейсы: 2-пр. аналоговый стык

2.10. Условия эксплуатации, включая климатические и механические требования, способы размещения: температура $+5^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 90% при температуре $+25^{\circ}\text{C}$. Оборудование выполнено в виде настольного блока с размерами 180x190x70 мм.

2.11. Электропитание осуществляется от 2-пр. телефонной линии с линейным напряжением $-48/60\text{В}$.

2.12. Сведения о наличии или отсутствии встроенных систем криптографии (шифрования), приемников глобальных спутниковых навигационных систем: встроенные системы криптографии (шифрования) и приемники глобальных спутниковых навигационных систем отсутствуют.

3. Декларация принята на основании протокола испытаний №МТТ 0503/11 АТЛ от 19.04.2011г. (Испытательная лаборатория ЗАО «Испытательный центр МирТелеТест», аттестат аккредитации Федерального агентства связи №ИЛ-26-05, действителен до 21.02.2016г).

сведения о проведенных исследованиях (испытаниях) и об измерениях, а также о документах, послуживших основанием для подтверждения соответствия средств связи установленным требованиям

Декларация составлена на 1 (одном) листе

4. Дата принятия декларации

22.04.2011 г.

число, месяц, год

Декларация действительна до

22.04.2016 г.

число, месяц, год



подпись проректора по научной работе –
начальника ИИЧ МТУСИ

В.С. Алешин

5. Сведения о регистрации декларации соответствия в Федеральном агентстве связи

М.П.



подпись Заместителя Руководителя
Федерального агентства связи

С.А. Мальянов

И.О. Фамилия

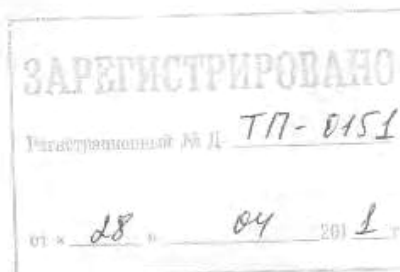


Рисунок П.17.2. Декларация о соответствии (АТЛ-8мс) АИУ (оборотная сторона)