



ИНЖИНИРИНГ
ЮНИТЕЛ

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ 2016**

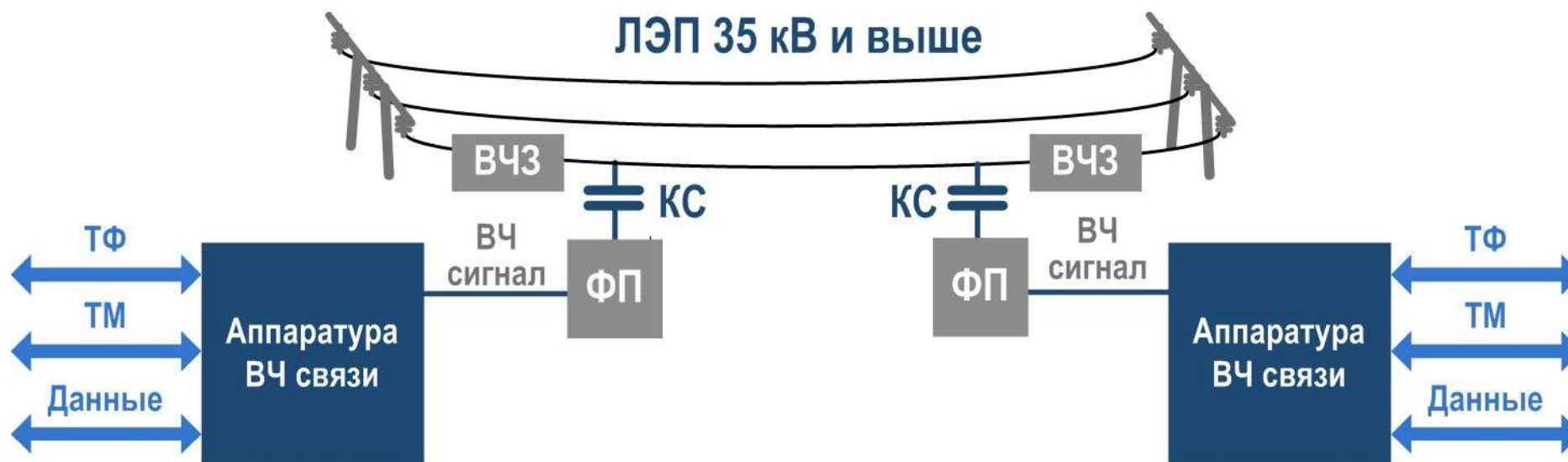
КРУГЛЫЙ СТОЛ

**СИСТЕМЫ СВЯЗИ – ОСНОВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ. ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ,
ВЕКТОРЫ И ДРАЙВЕРЫ РАЗВИТИЯ (ПОД ЭГИДОЙ РНК СИГРЭ)**

Организация цифровых ВЧ каналов связи по ЛЭП 35 кВ и выше: почему эксплуатация не всегда довольна их работой

В.А. Харламов, к.т.н.

8 декабря 2016 г., Москва, ВВЦ, павильон №75



Традиционные аналоговые **ВЧ (АВЧ)** каналы связи и телемеханики с частотным разделением сигналов (**ЧРС/FDM**)

- Аналоговые диспетчерские и технологические телефонные (**ТФ**) каналы
- Низкоскоростные каналы телемеханики (**ТМ**) **100...1200 бит/с**

Цифровые **ВЧ (ЦВЧ)** каналы с временным разделением сигналов (**ВРС/TDM**)

- Цифровые **ТФ** каналы с использованием вокодеров **2.4...16 кбит/с**
- Относительно высокоскоростные каналы передачи данных более **9.6 кбит/с**

Ожидания эксплуатирующих организаций: раз **ВЧ** каналы связи цифровые, то их надежность и коэффициент готовности должны приближаться к цифровым каналам, организованным по выделенным оптическим волокнам

Реальная ситуация при эксплуатации: некоторые (**не все!!!**) реализованные **ЦВЧ** каналы даже летом при отсутствии гололеда, увеличивающего затухание **ВЧ** тракта, иногда прерывают свою работу на довольно продолжительное время и передача телефонии и данных по ним не возможна

Возникающие вопросы:

- Почему реализованные **ЦВЧ** каналы связи не всегда оправдывают ожидания эксплуатации?
- Почему старое **АВЧ** оборудование на той же **ЛЭП** и на тех же рабочих частотах работало по мнению эксплуатации лучше, чем новое **ЦВЧ**?
- Что делать?



Существующая в российской электроэнергетике методика проектирования как **АВЧ**, так и **ЦВЧ** каналов обеспечивает коэффициент готовности **0.97**



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
33.060.40.045-2010

Коэффициент готовности 0.97 →
допускается прерывание канала связи или его работа с деградацией качества

Руководящие указания
по выбору частот высокочастотных каналов по линиям
электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ

В течение 1-х суток

на 43.2 минуты

В течение 1-го месяца

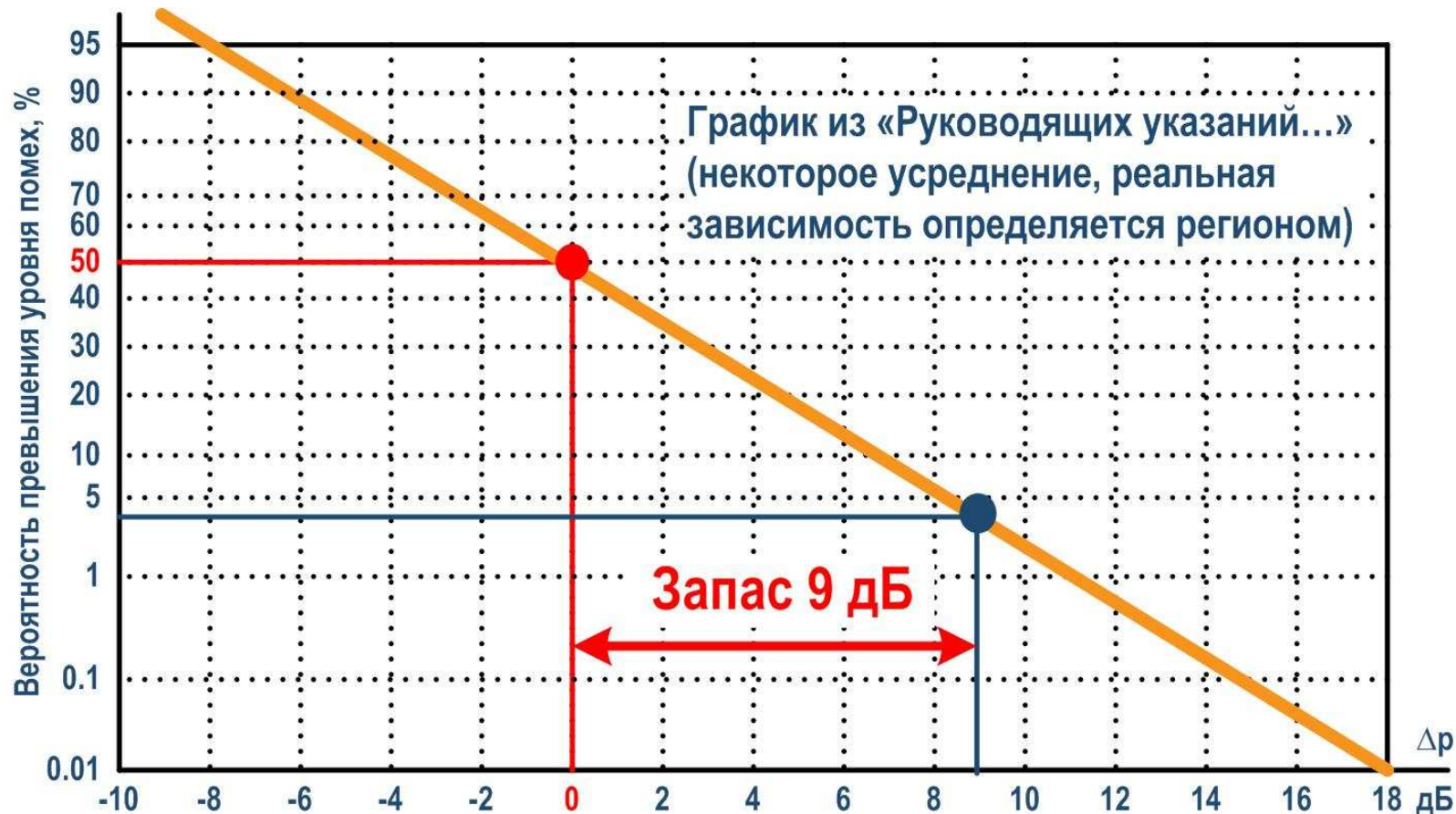
на 21.6 час

В течение 1-го года

на 10.95 суток

Технологическое нарушение: прерывание канала связи на **1 час!!!**

Как правило, прерывания канала связано с плохими погодными условиями, которые довольно продолжительные и распределены по времени неравномерно

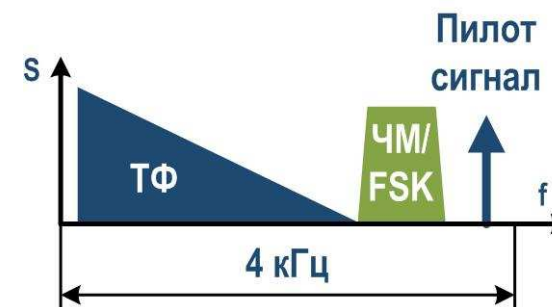


При проектировании ВЧ каналов используется уровень помех с 50% вероятностью его превышения (слабый дождь)

Коэффициент готовности 0.97 обеспечивает нормируемый при проектировании запас по затуханию 9 дБ (без учета гололеда!!!)

АВЧ

При проектировании **АВЧ ТФ** каналов нормируемый минимальный уровень приема выбирается для отношения сигнал/шум (**SNR**) **26 дБ** при уровне помех с **50%** вероятностью его превышения



Работоспособность низкоскоростных каналов **ТМ** с вероятностью ошибки (**BER**) не более 10^{-6} гарантируется производителем соответствующим выбором уровня сигнала **ЧМ/FSK** модема относительно **ТФ** (отдельный расчет для каналов **ТМ** не производится)

ЦВЧ

При проектировании **ЦВЧ** каналов нормируемый минимальный уровень приема выбирается для **SNR**, обеспечивающего требуемую скорость передачи данных модема с **BER** не более 10^{-6} , при уровне помех с **50%** вероятностью его превышения



- **SNR** выше **35 дБ** – шум не ощутим
- **SNR 26...35 дБ** – слышен шум
- Без «короны» (на **ВЛ 110 кВ** и ниже) при включенном компандере речь разборчива до **SNR** около **12 дБ!!!**

Таким образом, **АВЧ ТФ** канал может выполнять свои функции, хоть и с крайне низким качеством, при **SNR** на **14 дБ** ниже нормируемого при проектировании!!!

Коэффициент готовности при низком качестве АВЧ ТФ канала более 0.9999

→ допускается прерывание канала связи

В течение 1-х суток

менее чем на 8.64 секунды

В течение 1-го месяца

менее чем на 4.3 минуты

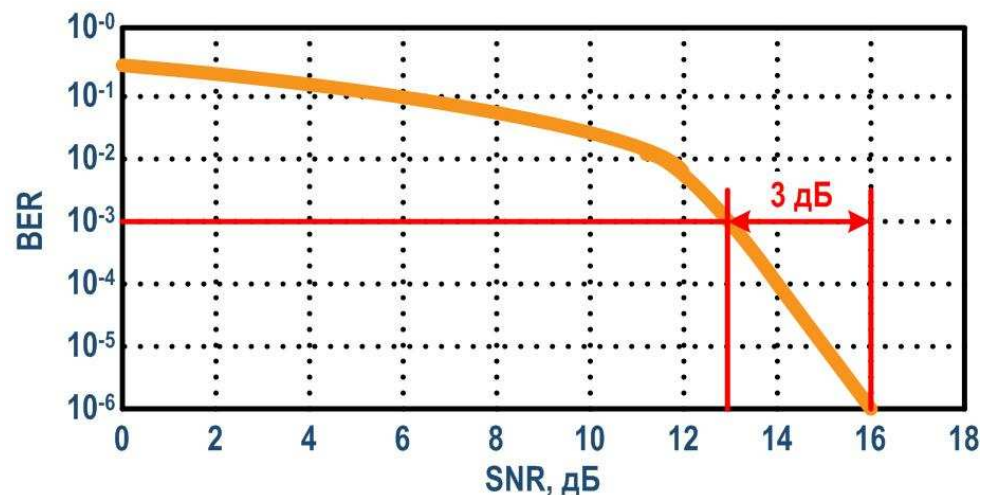
В течение 1-го года

менее чем на 52.6 минуты

Вероятность прерывания канала постоянно действующими помехами (без учета гололеда), и следовательно, технологического нарушения крайне мала!!!

«Старые» системы ТМ (ТМ-800 ГРАНИТ и т.д) работоспособны при **BER 10^{-3}** в канале (современные, использующие 101/104-й протокол, требуют **BER** не более **10^{-6}**)

Разница в **SNR** для **BER= 10^{-3}** и **BER= 10^{-6}** – около **3...5 дБ**



Коэффициент готовности для «старых» систем ТМ при BER= 10^{-3} более 0.99

→ допускается прерывание канала связи

В течение 1-х суток

менее чем на 14.4 минуты

В течение 1-го месяца

менее чем на 7.2 часа

В течение 1-го года

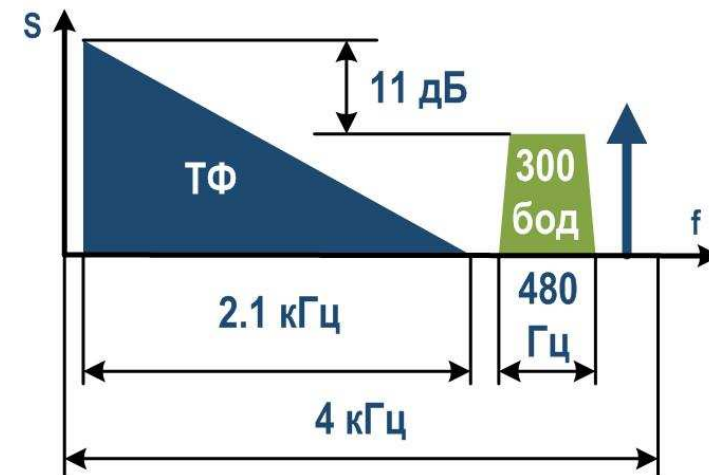
менее чем на 3.65 суток

Для современных систем ТМ со 101/104-ым протоколом коэффициент неготовности канала **в три раза выше!!!**

Норма при проектировании **АВЧ ТФ** канала
SNR=26 дБ в полосе **2.1 кГц**

Модем обеспечивает **BER=10⁻⁶** при **SNR=14 дБ** в
полосе **480 Гц** (**SNR=7.6 дБ** в полосе **2.1 кГц**)

Т.е. запас по перекрываемому затуханию у **ТМ**
больше, чем у **АВЧ ТФ** на **26-11-7.6=7.4 дБ**



Коэффициент готовности для ТМ 300 бод при BER=10⁻⁶ более 0.9995 →
допускается прерывание канала связи

В течение 1-х суток

менее чем на 43.2 секунды

В течение 1-го месяца

менее чем на 21.6 минуты

В течение 1-го года

менее чем на 4.38 часа

Коэффициент готовности для ТМ 300 бод при BER=10⁻³ с учетом постоянно действующих помех (без учета гололеда) более 0.9999!!!

- **BER** менее 10^{-6} – шум в **ЦВЧ ТФ** канале не ощутим
- **BER** $10^{-6} \dots 10^{-3}$ – пропадание в **ЦВЧ ТФ** канале слов и фраз, «бульканье» (зависит от типа вокодера)
- **BER** выше 10^{-3} – полный отказ **ЦВЧ ТФ** канала

В отличие от **АВЧ** каналов **ЦВЧ** каналы (как передачи данных, так и **ТФ**) практически сразу **полностью** отказывают при достижении нормируемого при проектировании **SNR!!!** Эта «внезапная смерть» и наблюдается на практике, когда расчетный запас по затуханию при проектировании минимален (но находится в рамках действующих норм)

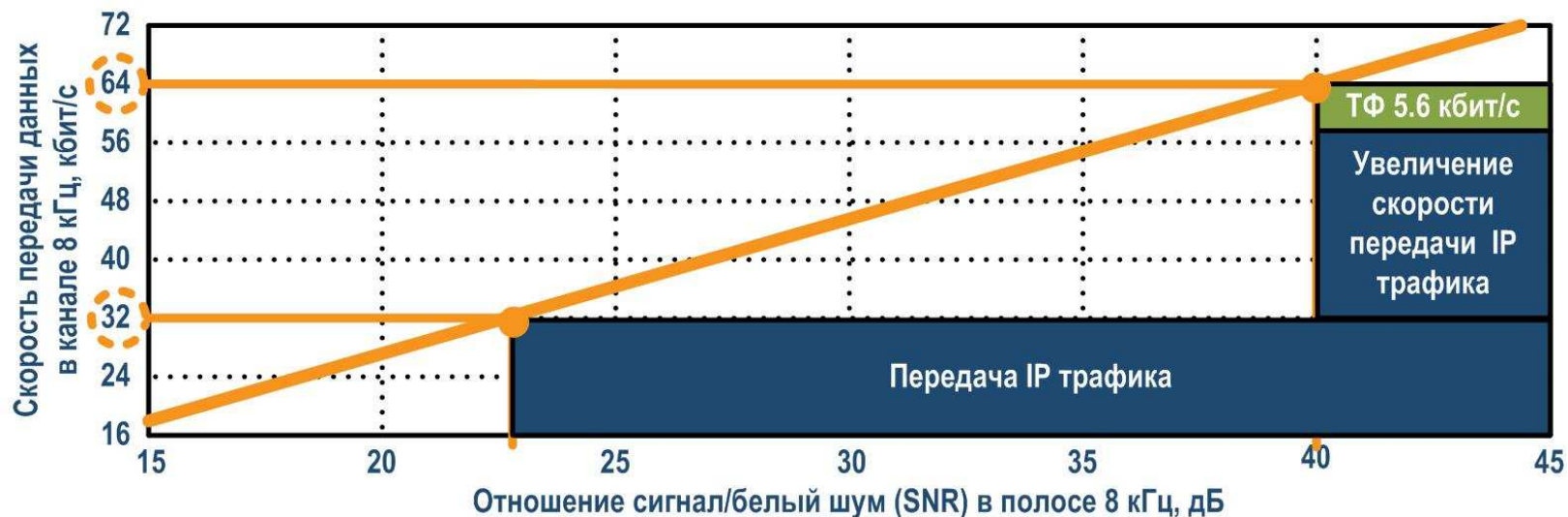
АВЧ ТФ каналы при **SNR** несколько ниже нормируемого при проектировании продолжают работать с низким качеством (иногда с крайне низким), а низкоскоростные **ЧМ/FSK** модемы обеспечивают работу систем **ТМ** (в зависимости от типа **ВЧ** оборудования)

Результат – эксплуатацию устраивает надежность традиционных **АВЧ** каналов и иногда не устраивает работа появившихся в последние годы **ЦВЧ**

Фиксированная агрегатная скорость – риск отказа всех мультиплексируемых каналов при неблагоприятной погоде или гололеде/изморози

Адаптация агрегатной скорости ЦВЧ каналов:

- Включение/Отключение низкоприоритетных каналов (ТФ и передача данных)
- Увеличение/Уменьшение скорости в каналах передачи данных, например, в Ethernet каналах



Отсутствие в существующей НТД каких-либо норм на коэффициенты готовности включаемых/отключаемых при адаптации каналов

Часто встречающиеся грубые ошибки при проектировании:

- **Неправильный выбор в меньшую сторону требуемой агрегатной скорости ЦВЧ канала**

Отсутствует учет накладных расходов при мультиплексировании в ЦВЧ каналах (часто агрегатная скорость ЦВЧ канала определяется проектировщиком как сумма скоростей мультиплексируемых каналов)

Результат – неправильный выбор требуемого **SNR** и соответственно неправильное определение минимального уровня приема

Специфика мультиплексирования каналов у каждого производителя ЦВЧ аппаратуры своя и **ее надо обязательно учитывать**

- **Неправильное определение уровня передачи ЦВЧ модемов**

Производители ЦВЧ оборудования приводят данные по требуемому **SNR** для **действующей** мощности сигнала ЦВЧ модема, а не для пиковой мощности огибающей

Отношение пиковой мощности к действующей составляет **3...4 дБ** для **QAM** и **10...12 дБ** для **OFDM** → **требуется обязательный его учет**

- **Не учитывается влияние помех от «короны» при определении минимального уровня приема в ЦВЧ канале**
Производители ЦВЧ оборудования приводят данные по требуемому **SNR** только для белого шума
Помехи от «короны» увеличивают требуемое **SNR** по сравнению с белым шумом на **5...7 дБ** в зависимости от реализации ЦВЧ модема и напряжения ЛЭП → **требуется обязательный учет влияния «короны» на ЛЭП выше 110 кВ**
- **Отсутствие учета влияния гололеда при определении нормируемого запаса по затуханию**
Иногда нормируемый запас по затуханию выбирается **9 дБ** независимо от района по гололеду, рабочих частот каналов и конструкции фазных проводов ЛЭП

Результат – неправильное определение перекрываемого затухания для ЦВЧ каналов → даже при правильном расчете затухания ВЧ тракта и отсутствии гололеда не обеспечивается нормируемый коэффициент готовности **0.97!!!**

- **Задержка в ЦВЧ каналах передачи данных**
В **АВЧ** каналах **ТМ** с **ЧМ/FSK** модемами достижима задержка в **10...20 мс**
В **ЦВЧ** каналах с **QAM** модемами задержка **десятки мс**, с **OFDM** модемами при рабочей полосе **ЦВЧ** канала **4 и 8 кГц** задержка может достигать **сотен мс**
- **Задержка в ЦВЧ ТФ каналах**
В **АВЧ ТФ** каналах достижима задержка менее **10 мс**
В **ЦВЧ ТФ** каналах задержка **десятки...сотни мс**, что затрудняет разговор, особенно при возникновении эхо-сигналов в местах переходов **2/4-х** проводное окончание → в **ЦВЧ** аппаратуре или **АТС** требуются эхо-компенсаторы
- **ЦВЧ ТФ каналы поддерживают не все типы внутриканальной ТФ сигнализации**
Возможны проблемы с **АДАСЭ** в **ЦВЧ** аппаратуре зарубежных производителей
- **Ограничение на число переключений ЦВЧ ТФ каналов по 2-х или 4-х проводным аналоговым интерфейсам**
После **2...3-х** аналоговых переключений практически полностью теряется разборчивость речи (зависит от типа вокодера)

- При проектировании **ЦВЧ** каналов в рамках действующей **НТД** требуется четкое понимание того, что его нормируемый коэффициент готовности **0.97**
- **Для ЦВЧ каналов необходим пересмотр действующей НТД**
 - требуется ввести возможность проектирования **ЦВЧ** каналов с коэффициентом готовности более **0.97**
 - необходимо рассмотреть возможность создания и внесения в **НТД** районирования по погодным условиям, от которых зависит вероятность возникновения постоянно действующих помех большого уровня (что-то наподобие районирования по гололеду), что позволит определять требуемый запас по затуханию в зависимости от региона
 - должна быть указана возможность адаптации агрегатной скорости передачи данных **ЦВЧ** каналов и обозначены нормы на коэффициенты готовности включаемых / отключаемых каналов и каналов с увеличением / уменьшением скорости
- Проектирование **ЦВЧ** каналов требует от проектных организаций соответствующей квалификации

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Офис:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru

Производство:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru