

**Система A132.
Контроль электрических параметров LAN-кабелей на соответствие требованиям категории **5е** по ГОСТ Р 54429 при длине образца до **305 м****

Дата выполнения измерений 2021.08.12-30	
Температура 20 град. С (кондиционер 24 часа в сутки)	
Измерительная система <u>A132</u>	
Номера измерительных портов 1, 3, 5, 7 из 32-х	
Шифры образцов кабелей	N001 215m UUTP 6A 4x2x0.58 X-сепаратор
	N002 305m FUTP 5e 4x2x0.51
	S001 300m UUTP 5e 4x2x0.52



Рис.1. Система A132

Цели и задачи измерений:

- проверка возможности обеспечения неразрушающего контроля готовой кабельной продукции с длиной до 305 м на соответствие требованиям ГОСТ Р 54429,
- приведение результатов измерений затухания асимметрии на ближнем конце – TCL и защищенности от затухания асимметрии на дальнем конце – EL_TCTL, измеренных на образце с длиной до 305 м, к длине 100 м, для которой в п. 5.2.2.16 ГОСТ Р 54429 определены требования.

Методика измерений:

- измеряются НЧ- и ВЧ-параметры на исходной длине образца; образец укорачивается до длины 100 м с шагом 25 (50) м; на каждом шаге укорочения измеряются НЧ- и ВЧ-параметры;
- сопоставляются НЧ- и ВЧ-параметры, измеренные на исходной строительной длине и на длине=100 м,
- для параметров асимметрии TCL и EL_TCTL оцениваются зависимости от длины кабеля частотных характеристик (ЧХ), измеренных на исходной длине, на промежуточных длинах и на длине=100 м; результаты аппроксимируются и определяются законы приведения ЧХ, измеренных на произвольной длине, к ЧХ на длине 100 м, для которой в п. 5.2.2.16 ГОСТ Р 54429 определены нормативные требования.

Таб. 1. Сопротивление изоляции (1000 В и 60 с)	Диапазон измеренных значений, МОм*км			Норма, МОм*км	Примечания
	На строительной длине	На длине=100 м			
N001 UUTP 6A 4x2x0.58	215 м	21921...38707	11796...18265	>5000	Измерения выполнены не в один день: на строительной длине – 02.08.2021, на длине 100 м – 30.08.2021.
N002 FUTP 5e 4x2x0.51	305 м	11519...29071	10112...20000	>5000	
S001 UUTP 5e 4x2x0.52	300 м	29676...44200	8222...15065	>5000	

Вывод: контроль соответствия требованиям кат.5е по изоляции возможен для кабелей с длиной до 305 м

Таб. 2. Сопротивление жил на постоянном токе	Диапазон измеренных значений, Ом/км			Норма, Ом/км	Расхождение результатов относительно нормы, %	Примеч.
	На строительной длине	На длине=100 м				
N001 UUTP 6A 4x2x0.58	215 м	68.78...73.67	68.64...73.63	<95	+0.04...+0.15	Весьма малое расхождение
N002 FUTP 5e 4x2x0.51	305 м	88.68...93.69	88.74...93.90	<95	-0.22...-0.06	
S001 UUTP 5e 4x2x0.52	300 м	85.09...87.47	85.25...88.08	<95	-0.64...-0.17	

Таб. 3. Асимметрия сопротивления жил в парах	Диапазон измеренных значений, %			Норма, %	Расхождение результатов относительно нормы, %	Примеч.
	На строительной длине	На длине=100 м				
N001 UUTP 6A 4x2x0.58	215 м	-0.06...0.09	-0.25...0.15	-2...+2	-9.50...-3.00	Допустимое расхождение
N002 FUTP 5e 4x2x0.51	305 м	-0.10...0.12	-0.27...0.16	-2...+2	-8.50...+1.33	
S001 UUTP 5e 4x2x0.52	300 м	-0.44...0.06	-0.41...-0.03	-2...+2	+1.50...+6.75	

Таб. 4. Индуктивность пар	Диапазон измеренных значений, мкГн/км			Норма, мкГн/км	Расхождение результатов относительно нормы, %	Примеч.
	На строительной длине	На длине=100 м				
N001 UUTP 6A 4x2x0.58	215 м	631.17...677.71	641.89...690.73	<1000	-1.30...-1.07	Приемлемое расхождение
N002 FUTP 5e 4x2x0.51	305 м	627.04...638.05	669.07...687.33	<1000	-4.93...-4.20	
S001 UUTP 5e 4x2x0.52	300 м	592.55...599.96	635.01...644.00	<1000	-4.40...-4.25	

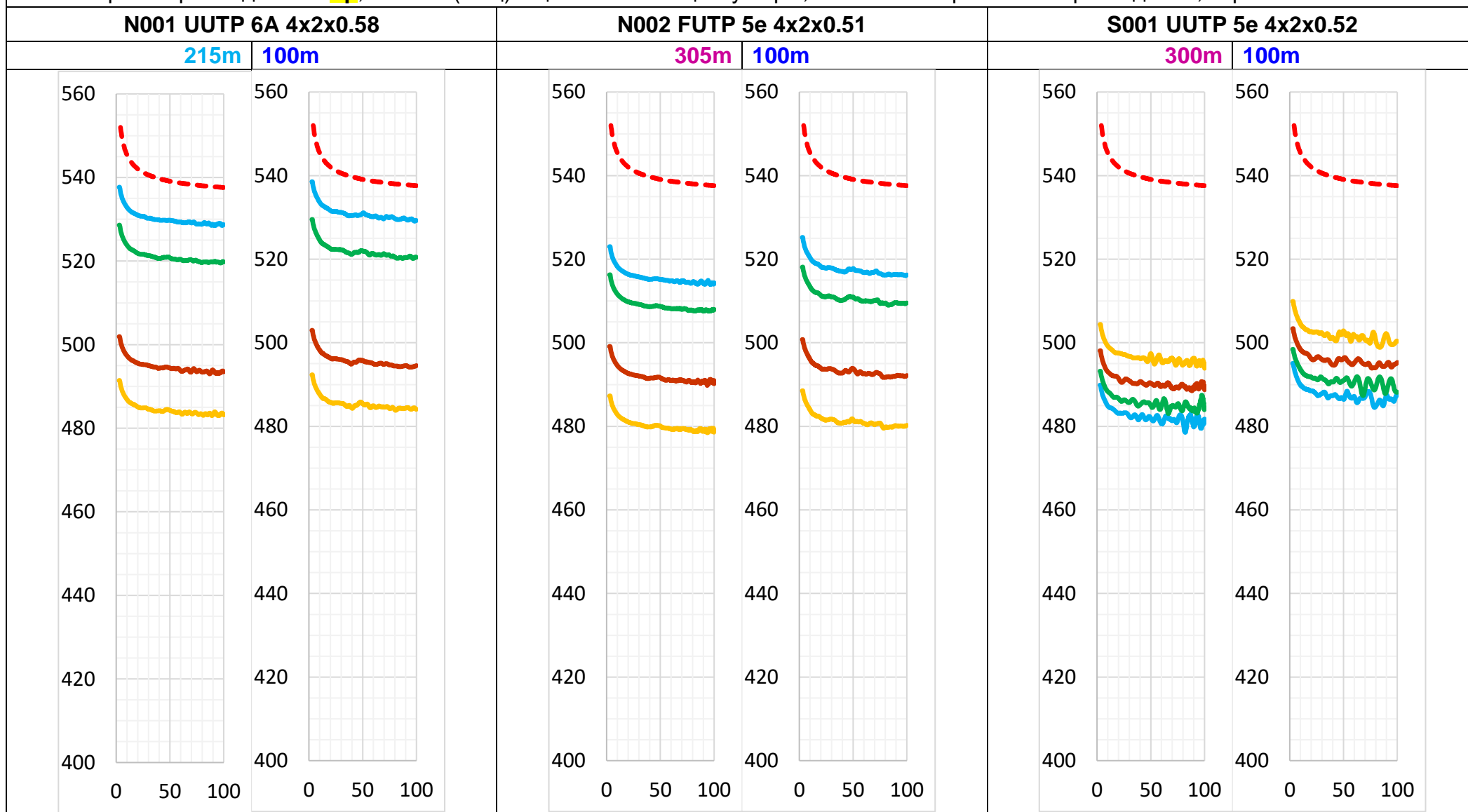
Таб. 5. Ёмкость пар	Диапазон измеренных значений, нФ/км			Норма, нФ/км	Расхождение результатов относительно нормы, %	Примеч.
	На строительной длине	На длине=100 м				
N001 UUTP 6A 4x2x0.58	215 м	48.18...53.14	48.22...53.19	<56	-0.09...-0.07	Весьма малое расхождение
N002 FUTP 5e 4x2x0.51	305 м	47.62...51.41	47.01...51.19	<56	+0.39...+1.09	
S001 UUTP 5e 4x2x0.52	300 м	48.85...51.30	49.16...51.73	<56	-0.77...+0.55	

Таб. 6. Ёмкость жил	Диапазон измеренных значений, нФ/км			Норма, нФ/км	Расхождение результатов относительно нормы, %	Примеч.
	На строительной длине	На длине=100 м				
N001 UUTP 6A 4x2x0.58	215 м	63.45...69.43	63.50...69.49	<95	-0.06...-0.05	Весьма малое расхождение
N002 FUTP 5e 4x2x0.51	305 м	71.01...73.67	71.26...74.15	<95	-0.51...-0.26	
S001 UUTP 5e 4x2x0.52	300 м	65.62...67.99	65.99...68.55	<95	-0.59...-0.39	

Таб. 7. Асимметрия ёмкости жил в парах	Диапазон измеренных значений, пФ/км			Норма, пФ/км	Расхождение результатов относительно нормы, %	Примеч.
	На строительной длине	На длине=100 м				
N001 UUTP 6A 4x2x0.58	215 м	43.26...548.37	76.00...566.80	-1600...1600	-2.05...-1.15	Достаточно малое расхождение
N002 FUTP 5e 4x2x0.51	305 м	-438.36...-87.22	-439.30...-95.90	-1600...1600	+0.06...+0.54	
S001 UUTP 5e 4x2x0.52	300 м	-30.33...672.99	-51.50...644.00	-1600...1600	+1.32...+1.81	

Вывод: контроль соответствия требованиям кат.5е по НЧ параметрам - R, C, L - возможен для кабелей с длиной до 305 м.

Рис. 2. Время прохождения – T_p , нс/100м(МГц) – цвет соответ. цвету пары; слева – измерение на строит. длине, справа – на 100 м

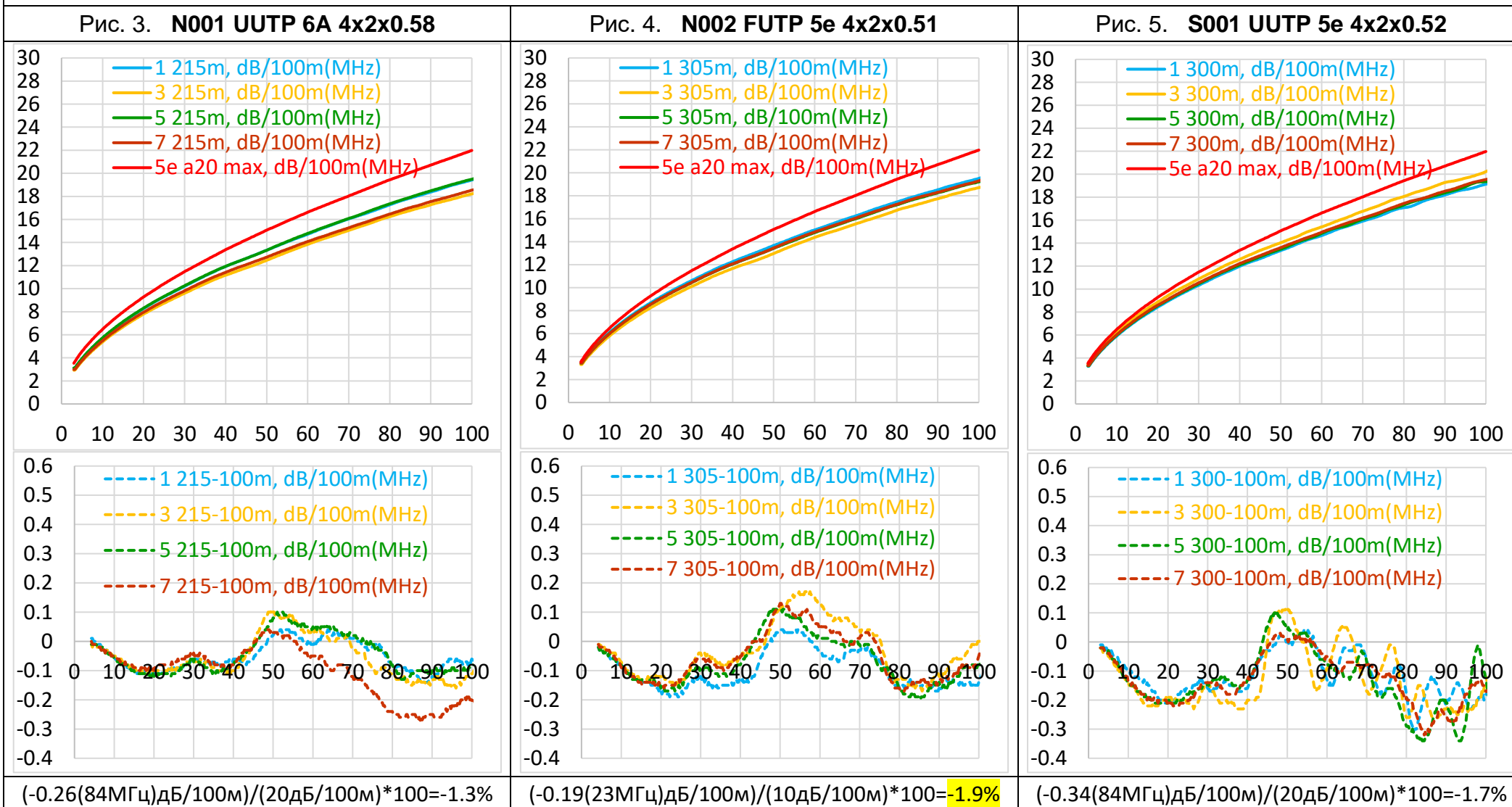


С укорочением образца измеренная погонная задержка незначительно увеличивается.

Различие измеренных задержек не превосходит $(5 \text{ нс}/100\text{м}) / (540 \text{ нс}/100\text{м}) * 100 = 0.93\%$ от нормативного значения (обр. S001).

Вывод: контроль соответствия требованиям кат.5е по времени задержки T_p возможен для кабелей с длиной до 305 м.

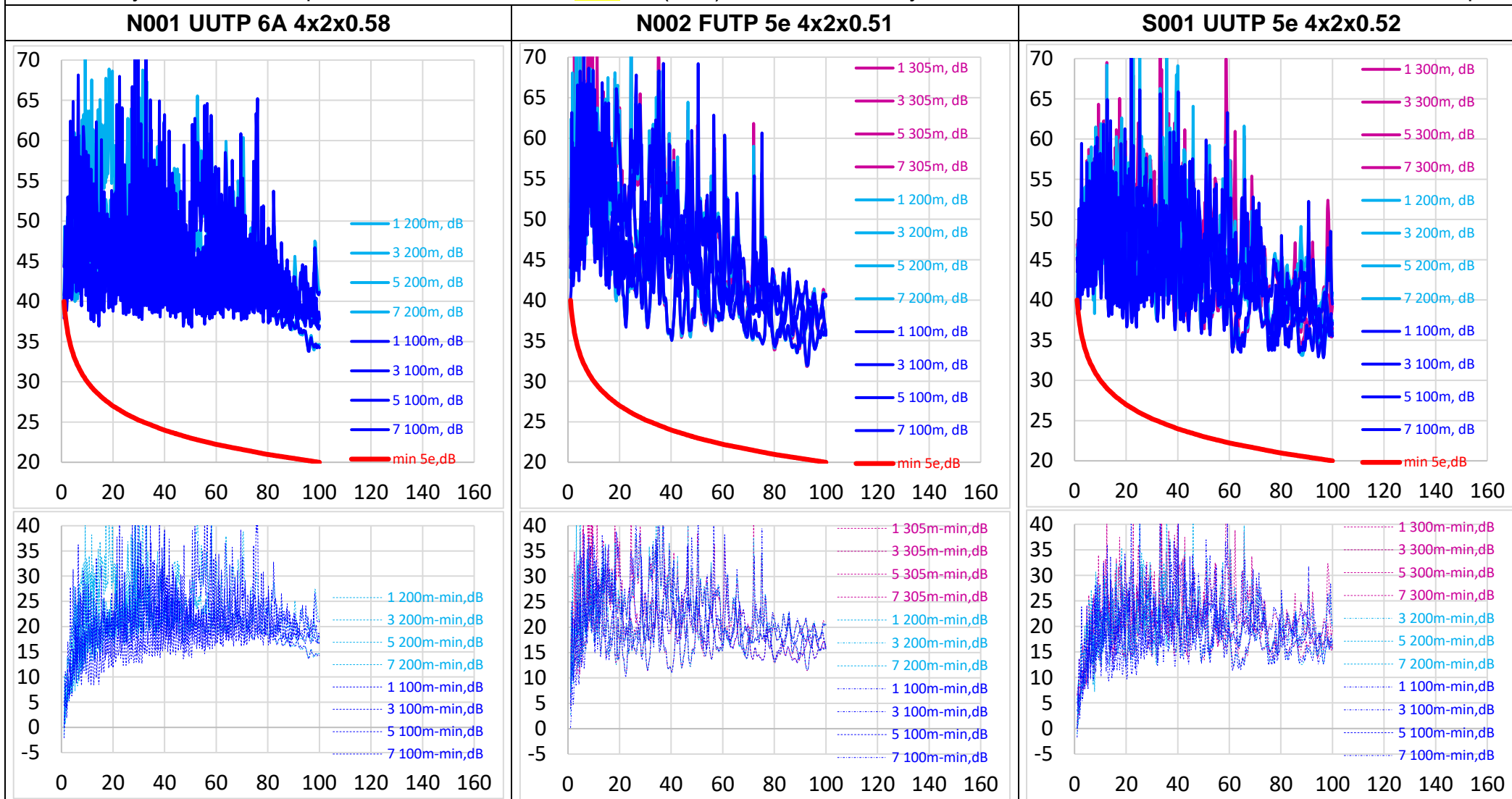
Рис. 2. Коэффициент затухания – **a20**, дБ/100м(МГц); цвет графика соответствует цвету пары



Представлены коэффициенты затухания, измеренные на строительной длине 215, 305 и 300 м. Ниже даны различия между ЧХ, измеренных на строительной длине (215, 305 и 300 м) и на длине=100 м. Различие не превосходит **1.9%** от значения нормы коэффициента затухания (образец N002).

Вывод: контроль соответствия требованиям кат. 5е по коэффициенту затухания **a20 возможен для кабелей с длиной до 305 м.**

Рис. 6. Затухание асимметрии на ближнем конце – **TCL**, дБ(МГц); цвет соответствует длине; для каждого кабеля – данные для 4-х пар

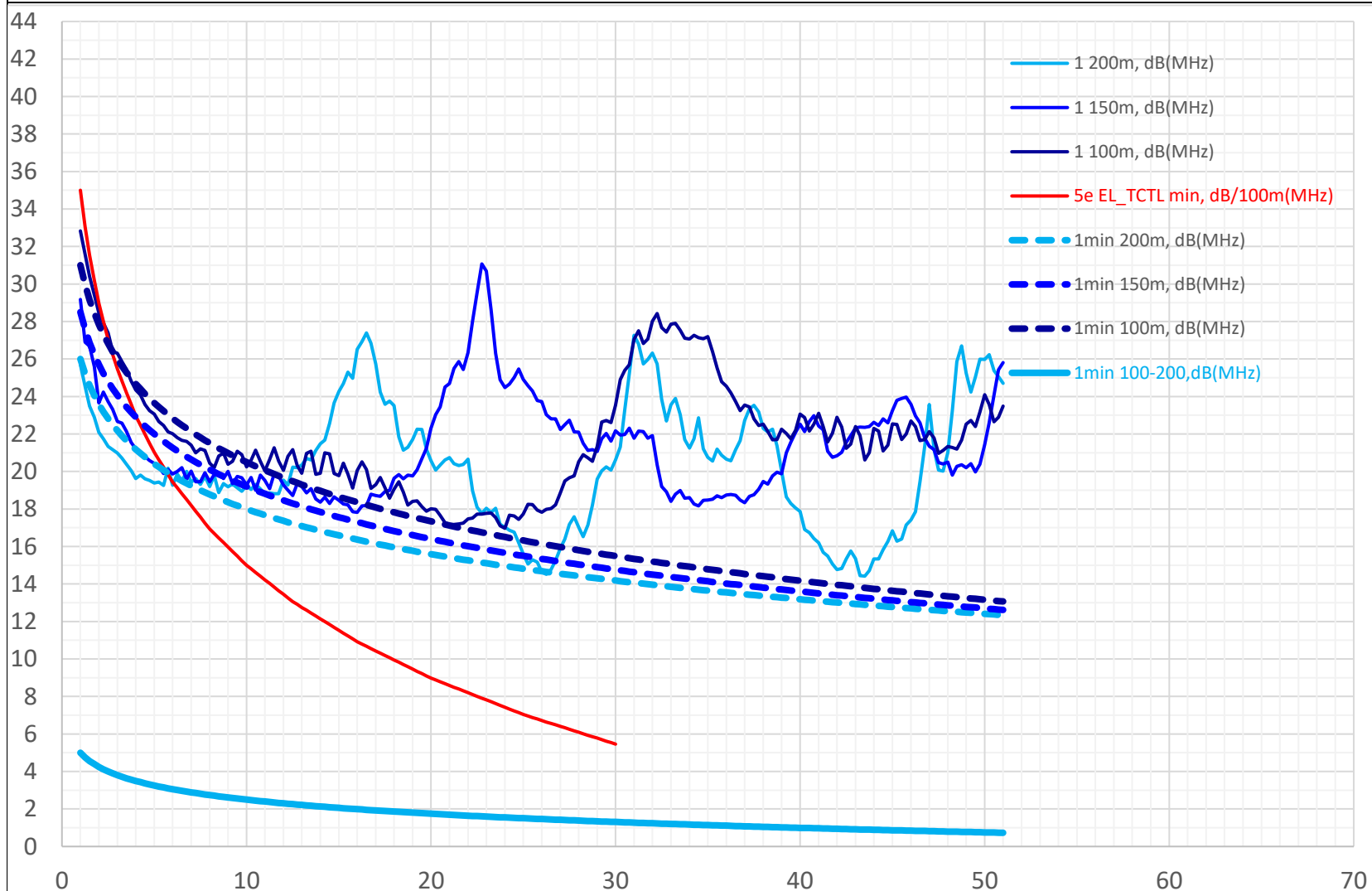


ЧХ TCL измерены при разных длинах – 305, 300, 200 и 100 м. Ниже – графики запаса соответствия норме для кат. 5е. Зависимость протекания ЧХ TCL от длины практически не наблюдается.

Вывод: контроль соответствия треб. кат. 5е затухания асимметрии на ближнем конце **TCL возможен для кабелей до 305 м.**

Рис. 7-1. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 150, 200 м

N001 UUTP 6A 4x2x0.58 Голубая пара



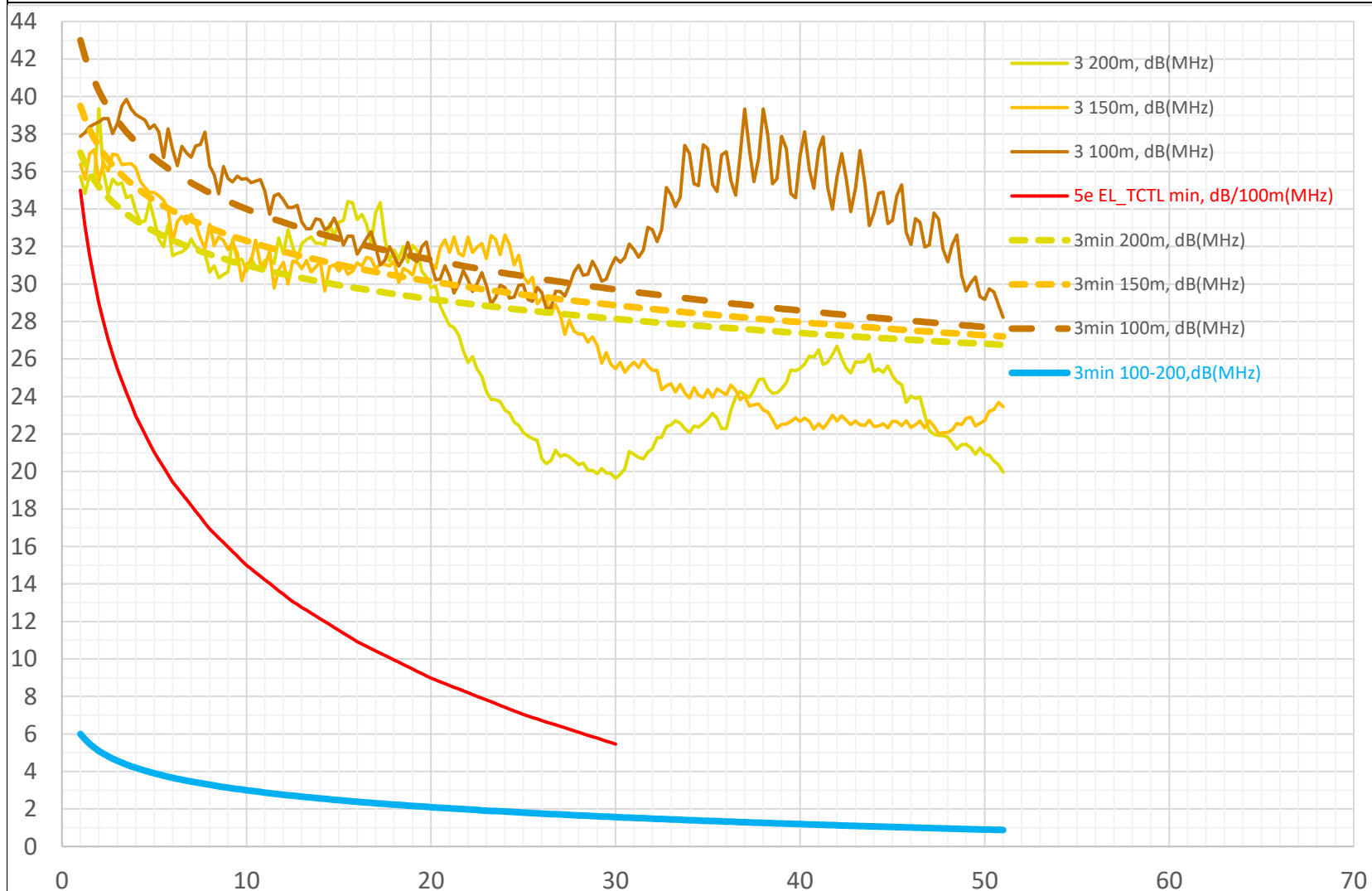
Представлены результаты измерений ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 150 и 200 м – непрерывные кривые.

Пунктиром даны результаты сглаживающей аппроксимации.

Кривая **1min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м.

Рис. 7-2. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 150, 200 м

N001 UUTP 6A 4x2x0.58 Оранжевая пара



Представлены результаты измерений ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 150 и 200 м – непрерывные кривые.

Пунктиром даны результаты сглаживающей аппроксимации.

Кривая **1min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м.

Рис. 7-3. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 150, 200 м

N001 UUTP 6A 4x2x0.58 Зеленая пара



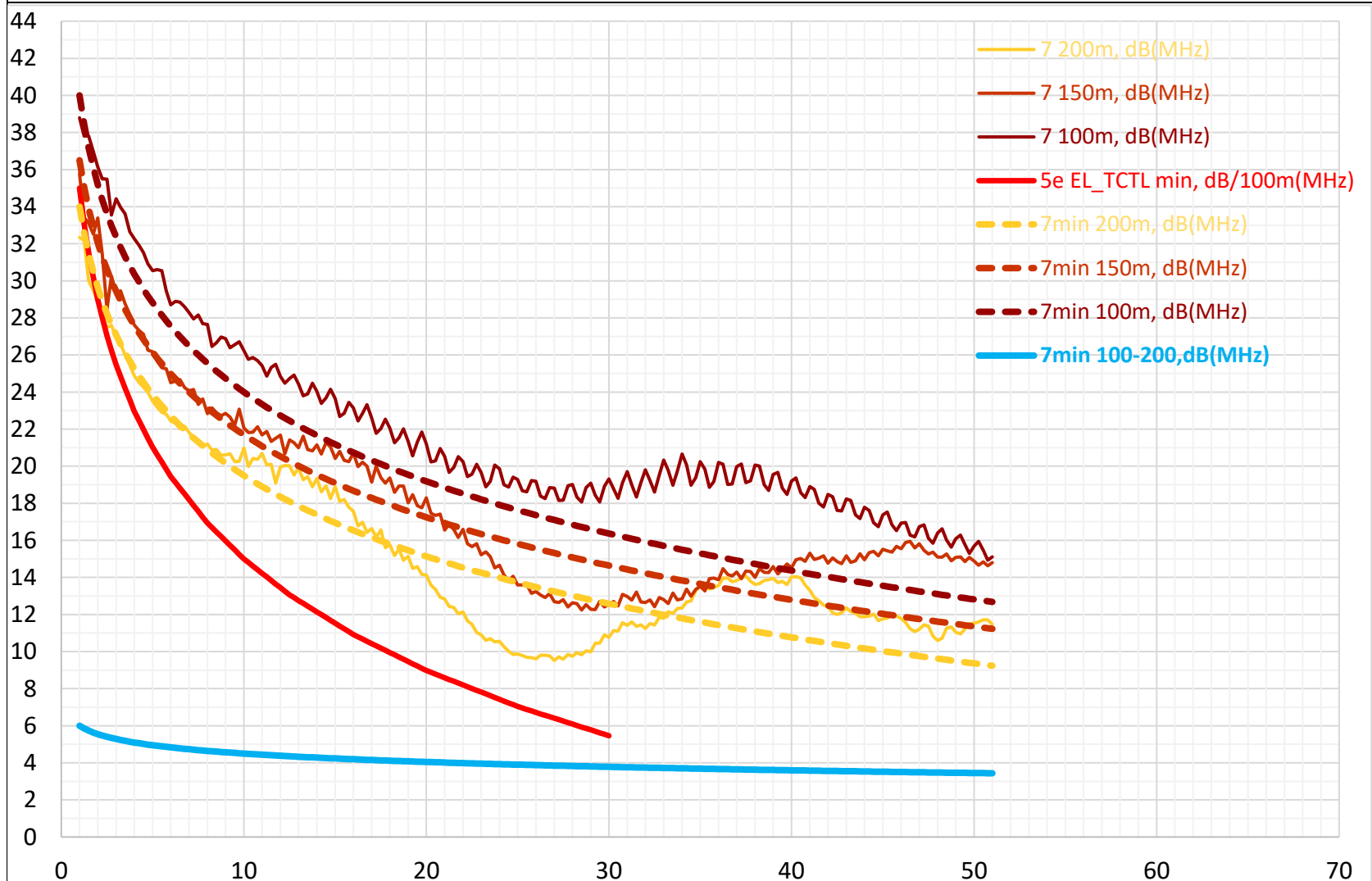
Представлены результаты измерений ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 150 и 200 м – непрерывные кривые.

Пунктиром даны результаты сглаживающей аппроксимации.

Кривая **1min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м.

Рис. 7-4. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 150, 200 м

N001 UUTP 6A 4x2x0.58 Коричневая пара



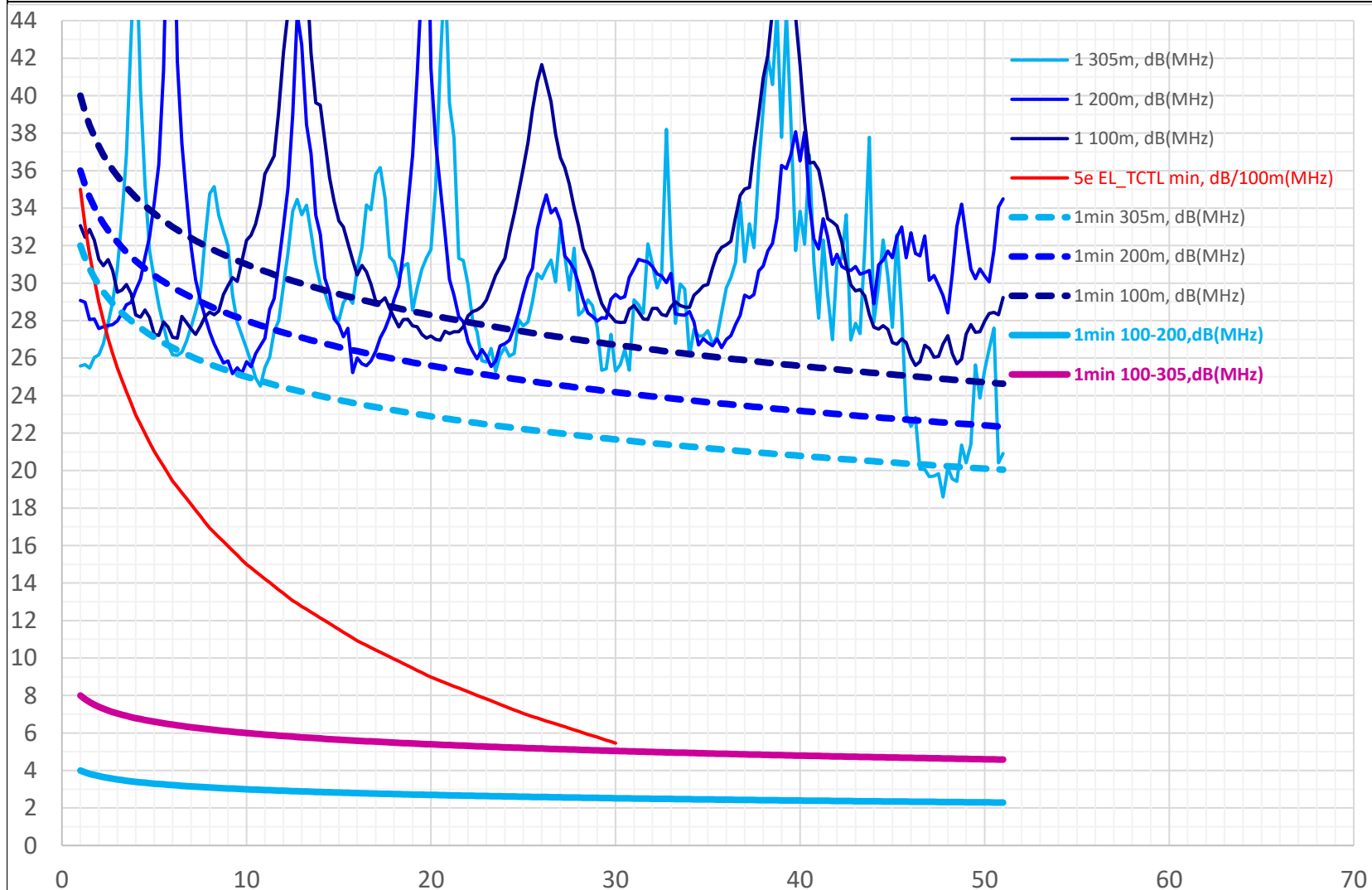
Представлены результаты измерений ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 150 и 200 м – непрерывные кривые.

Пунктиром даны результаты сглаживающей аппроксимации.

Кривая **1min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м.

Рис. 8-1. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 305 м

N002 FUTP 5e 4x2x0.51 Голубая пара



Представлены измеренные ЧХ EL_TCTL(f,МГц),дБ для 100, 200 и 305 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **1min 100-200,дБ(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ EL_TCTL(f,МГц),дБ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **1min 100-305,дБ(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ EL_TCTL(f,МГц),дБ при уменьшении длины от 305 к 100 м.

Рис. 8-2. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 305 м

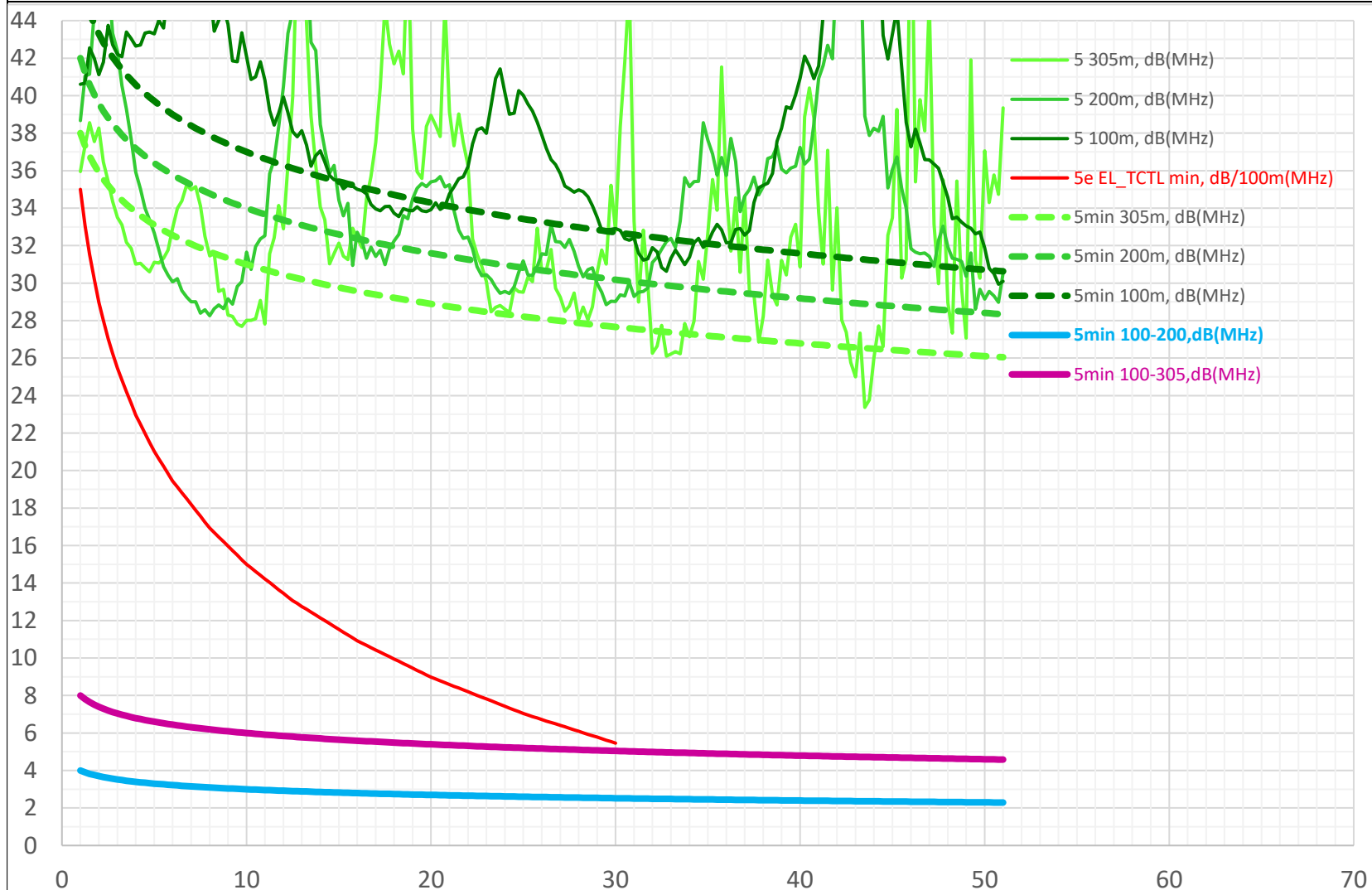
N002 FUTP 5e 4x2x0.51 Оранжевая пара



Представлены измеренные ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 200 и 305 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **3min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **3min 100-305, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 305 к 100 м.

Рис. 8-3. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 305 м

N002 FUTP 5e 4x2x0.51 Зеленая пара



Представлены измеренные ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 200 и 305 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **5min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **5min 100-305, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 305 к 100 м.

Рис. 8-4. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 305 м

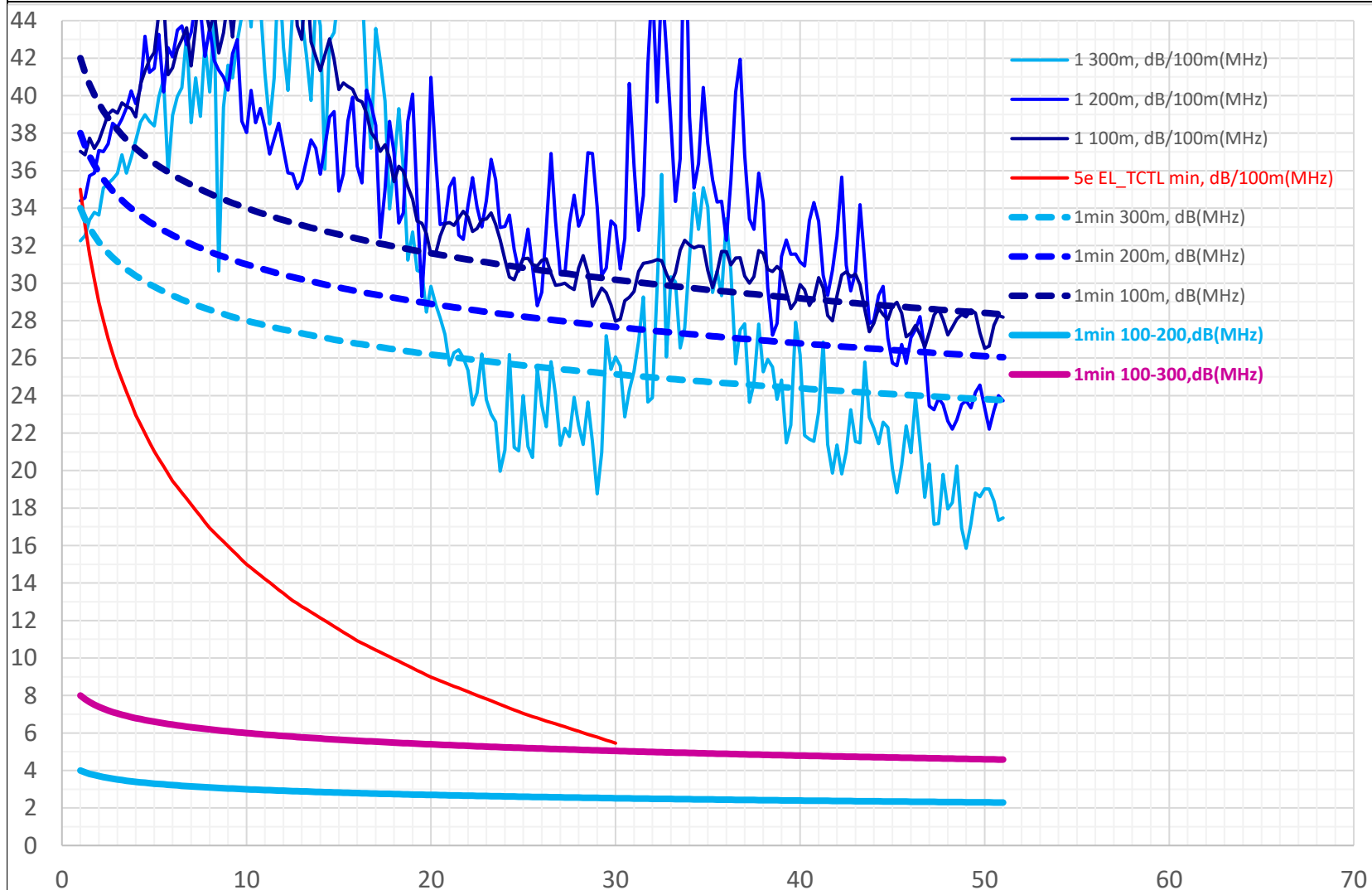
N002 FUTP 5e 4x2x0.51 Коричневая пара



Представлены измеренные ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 200 и 305 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **7min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **7min 100-305, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 305 к 100 м.

Рис. 9-1. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 300 м

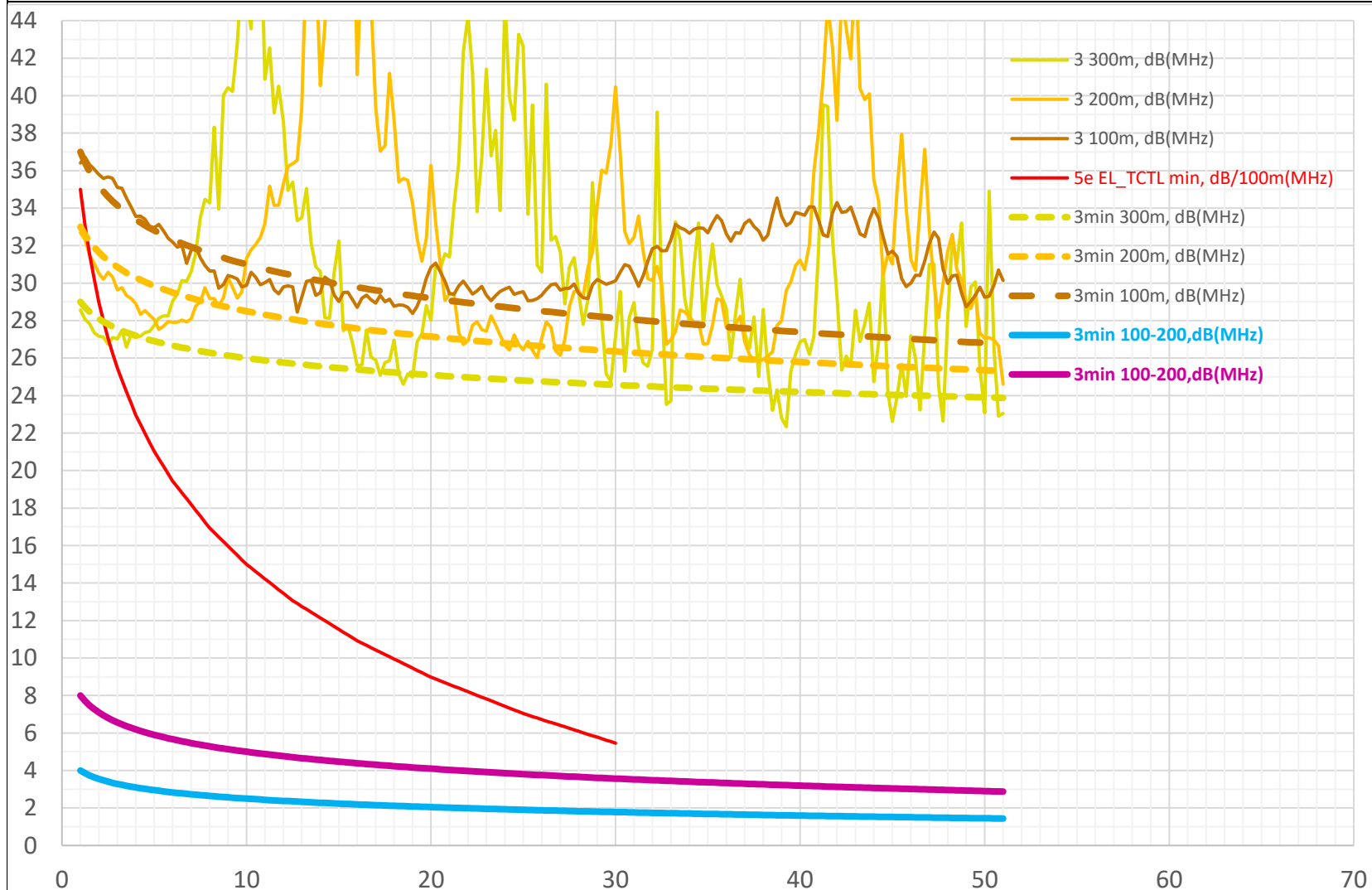
S001 UUTP 5e 4x2x0.52 Голубая пара



Представлены измеренные ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 200 и 300 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **1min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **1min 100-305, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 300 к 100 м.

Рис. 9-2. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 300 м

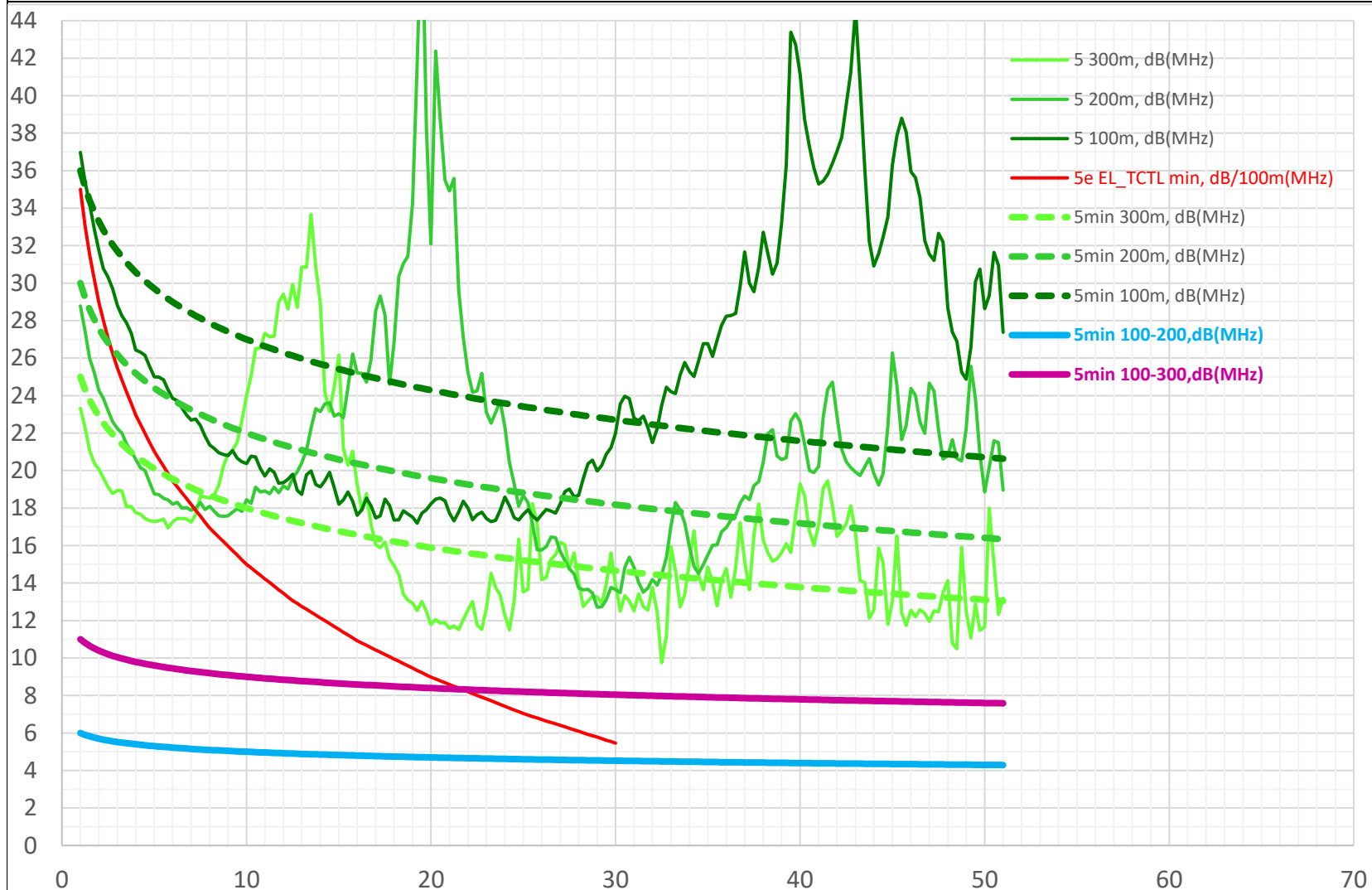
S001 UUTP 5e 4x2x0.52 Оранжевая пара



Представлены измеренные ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 200 и 300 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **3min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **3min 100-305, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 300 к 100 м.

Рис. 9-3. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 300 м

S001 UUTP 5e 4x2x0.52 Зеленая пара



Представлены измеренные ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 200 и 300 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **5min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **5min 100-305, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 300 к 100 м.

Рис. 9-4. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц); цвет – пара; данные пары для 100, 200, 300 м

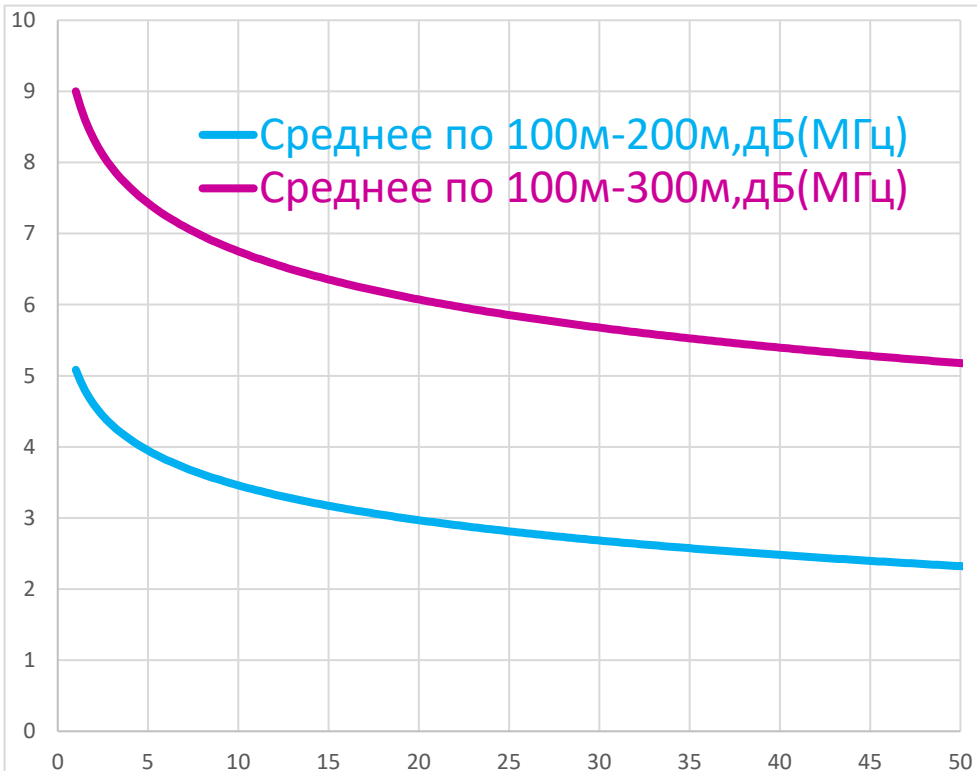
S001 UUTP 5e 4x2x0.52 Коричневая пара



Представлены измеренные ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ для 100, 200 и 300 м – непрерывные кривые. Пунктиром даны аппроксимации. Кривая **7min 100-200, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 200 к 100 м. Кривая **7min 100-305, dB(MHz)** = росту аппроксимированных ЧХ $EL_TCTL(f, \text{МГц}), \text{дБ}$ при уменьшении длины от 300 к 100 м.

Рис. 10. Защищенность от затухания асимметрии на дальнем – **EL_TCTL**, дБ(МГц). Обработка. Усреднение корректирующих кривых

Усреднены кривые, соответствующие изменению (росту) защищенности при укорочении кабеля



Измерение затухания асимметрии на дальнем конце **EL_TCTL** для всех категорий кабелей выполняется в полосе 1...30 МГц. Норма задана для отрезка с длиной $X=100$ м.

Выполненные измерения показали, что при увеличении длины от 100 м к 200 м и далее к 300(305) м измеренное затухание асимметрии на дальнем конце уменьшается и закон изменения может быть определен экспериментально.

При измерении кабелей с длиной $100 \text{ м} < X < 305 \text{ м}$ результат может быть приведен к длине 100 м по формуле:

$$EL_TCTL(f) = TCTL(f, X) - IL(f, X) + (9.0 - 2.25 * \lg(f/1)) * 2.1 * \lg(X/100),$$

где

$TCTL(f, X) - IL(f, X)$ – результат непосредственного измерения по (34) и (35) – см. п. 8.3.14 ГОСТ Р 54429, дБ;

f – частота, МГц;

X – длина измеряемого кабеля, м;

$EL_TCTL(f)$ – приведенная защищенность, дБ/100м.

Вывод: контроль соответствия кабелей всех категорий, включая кат. 5е, по защищенности от затухания асимметрии на дальнем конце **EL_TCTL возможен для кабелей с длиной до 305 м, причем результаты измерений на произвольной длине приводятся к номинальной длине 100 м по представленной формуле, основанной на экспериментальном материале.**

Заключение.

С использованием измерительной системы контроля кабелей A132 (ёмкость коммутатора до 32 пар) выполнены измерения параметров образцов серийных кабелей, урезаемых с 300(305) м до 100 м. Результаты протоколировались. Обработка протоколов показала:

- **Rins** – контроль изоляции (п. 5.2.2.4, здесь и далее приведены номера пунктов [ГОСТ Р 54429](#)) обеспечивается системой A132 для длин образцов кабеля в пределах 100...300(305) м,
- контроль сопротивления жил **R** (п. 5.2.2.1), ёмкости пар **Cp** (п. 5.2.2.6) и жил **C**, асимметрии сопротивления **DR** (п. 5.2.2.2) и ёмкости **DC** (п. 5.2.2.7) жил обеспечивается системой A132 для длин в пределах 100...300(305) м;
- результаты измерений при контроле частотных характеристик (ЧХ)

Tr – времени задержки (п. 5.2.2.12),

a20 – коэффициента затухания (п. 5.2.2.14),

TCL – затухания асимметрии на ближнем конце (п. 5.2.2.16),

практически не зависят от длины и обеспечены в пределах 100...300(305) м;

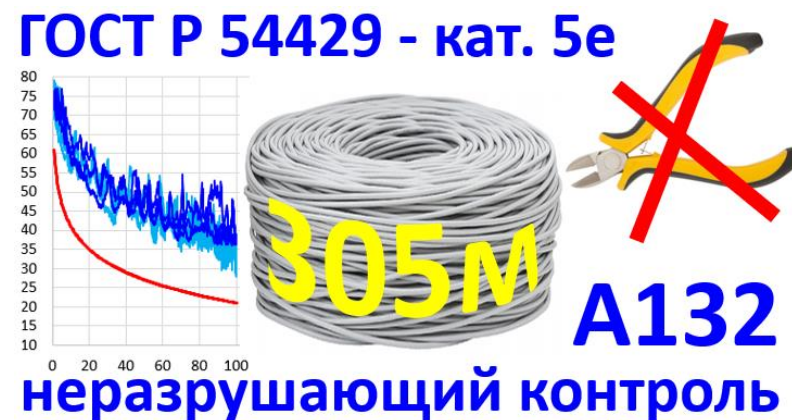
- **EL_TCTL** – результаты измерений при контроле частотных характеристик затухания асимметрии на дальнем конце (п. 5.2.2.16)

зависят от длины, но соответствующие поправки не представлены в нормативных документах, в т.ч. в ГОСТ Р 54429;

в настоящем отчете представлены результаты экспериментальных исследований зависимости протекания ЧХ затухания асимметрии на дальнем конце **EL_TCTL** от длины кабеля и предложена формула приведения ЧХ **EL_TCTL(f,X)**, измеренной на произвольной длине $X=100...300(305)$ м, к затуханию на номинальной длине 100 м, для которой определены нормативные требования (п. 5.2.2.16); указанная формула приведения может быть применена или для коррекции измеренной ЧХ, или для коррекции ЧХ нормы,

что обеспечивает возможность A132-контроля **EL_TCTL** кабелей с длиной в пределах 100...300(305) м.

Совокупность выполненных **A132**-измерений и результатов их обработки показывает, что при контроле LAN-кабелей на соответствие требованиям ГОСТ Р 54429 по **кат. 5е** максимальная длина измеряемого образца может быть увеличена с 90...100 м (Fluke-тест) до **300...305 м** (стандартная строительная длина), что обеспечивает **неразрушающий контроль** готовой кабельной продукции.



ИП

Кочеров А.В., к.т.н. andrey.kocherov@yandex.ru
+7 916 743 06 12 <https://www.andrey-kocherov.com/a132>