

Архангельск (8182)63-90-72
Астана (7172)727-132
Астрахань (8512)99-46-04
Барнаул (3852)73-04-60
Белгород (4722)40-23-64
Брянск (4832)59-03-52
Владивосток (423)249-28-31
Волгоград (844)278-03-48
Вологда (8172)26-41-59
Воронеж (473)204-51-73
Екатеринбург (343)384-55-89
Иваново (4932)77-34-06

Ижевск (3412)26-03-58
Иркутск (395)279-98-46
Казань (843)206-01-48
Калининград (4012)72-03-81
Калуга (4842)92-23-67
Кемерово (3842)65-04-62
Киров (8332)68-02-04
Краснодар (861)203-40-90
Красноярск (391)204-63-61
Курск (4712)77-13-04
Липецк (4742)52-20-81
Киргизия (996)312-96-26-47

Магнитогорск (3519)55-03-13
Москва (495)268-04-70
Мурманск (8152)59-64-93
Набережные Челны (8552)20-53-41
Нижний Новгород (831)429-08-12
Новокузнецк (3843)20-46-81
Новосибирск (383)227-86-73
Омск (3812)21-46-40
Орел (4862)44-53-42
Оренбург (3532)37-68-04
Пенза (8412)22-31-16
Россия (495)268-04-70

Пермь (342)205-81-47
Ростов-на-Дону (863)308-18-15
Рязань (4912)46-61-64
Самара (846)206-03-16
Санкт-Петербург (812)309-46-40
Саратов (845)249-38-78
Севастополь (8692)22-31-93
Симферополь (3652)67-13-56
Смоленск (4812)29-41-54
Сочи (862)225-72-31
Ставрополь (8652)20-65-13
Казахстан (772)734-952-31

Сургут (3462)77-98-35
Тверь (4822)63-31-35
Томск (3822)98-41-53
Тула (4872)74-02-29
Тюмень (3452)66-21-18
Ульяновск (8422)24-23-59
Уфа (347)229-48-12
Хабаровск (4212)92-98-04
Челябинск (351)202-03-61
Череповец (8202)49-02-64
Ярославль (4852)69-52-93

<https://tektronix.nt-rt.ru> || txk@nt-rt.ru

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Осциллографы-анализаторы спектра серии MDO4000C

Назначение средства измерений

Осциллографы-анализаторы спектра серии MDO4000C предназначены для измерения и анализа амплитудных, временных и спектральных параметров высокочастотных электрических сигналов.

Описание средства измерений

Осциллографы-анализаторы спектра серии MDO4000C представляют собой объединенные в одном конструктиве цифровой осциллограф, вольтметр/частотомер, логический анализатор, анализатор спектра и генератор сигналов произвольной формы.

В режиме осциллографа производится высокоскоростное аналого-цифровое преобразование напряжения входного электрического сигнала в цифровой код в реальном времени при задании различных режимов синхронизации. Преобразованный в цифровой код сигнал отображается на дисплее в виде осциллограммы.

В режиме вольтметра-частотомера производится измерение постоянного напряжения, среднеквадратических значений переменного напряжения, а также измерение частоты.

Логический анализатор цифровых сигналов (опция) позволяет производить анализ цифровых сигналов с задаваемыми порогами срабатывания логических уровней напряжения.

В режиме анализатора спектра (опция, отдельный высокочастотный вход) используется преобразование входного сигнала на промежуточной частоте в сигнал низкой частоты и выделение его огибающей. Для развертки спектра используется высокостабильный генератор качающейся частоты синтезаторного типа. Мгновенные значения сигнала низкой частоты преобразуются аналого-цифровым преобразователем в цифровой код и отображаются на дисплее в виде спектрограммы. В качестве дополнительной опции анализатор спектра может быть укомплектован предварительным усилителем TPA-N-PRE.

Генератор сигналов произвольной формы (опция) построен на методе прямого цифрового синтеза сигналов заданной формы, их высокоскоростном цифро-аналоговом преобразовании и усилении по амплитуде и мощности в выходном тракте.

Синхронизация осуществляется от внутреннего опорного генератора или от внешнего источника, в том числе от телевизионного сигнала. На дисплее можно отображать одновременно сигналы с осциллографических каналов и сигналы на анализаторе спектра.

Управление режимами работы и параметрами измерений производится вручную с лицевой панели или по интерфейсам USB, Ethernet (10/100/1000BASE-T).

В серии MDO4000C представлены 4 модели (MDO4024C, MDO4034C, MDO4054C, MDO4104C), которые отличаются значениями полосы пропускания осциллографа и полосы пропускания установленной опции анализатора спектра.

Конструктивно осциллографы-анализаторы спектра серии MDO4000C выполнены в виде моноблока в настольном исполнении, их внешний вид показан на рисунках 1 и 2.

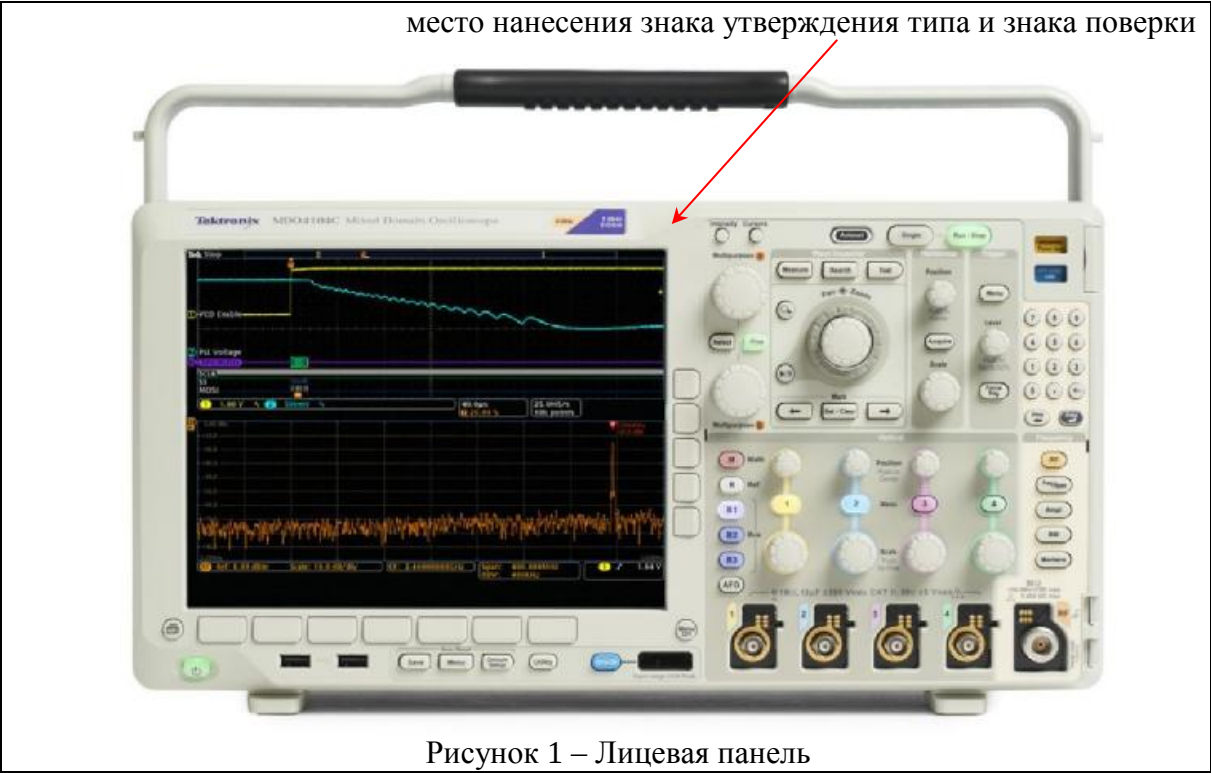
Программное обеспечение

Программное обеспечение выполняет функции управления режимами работы, математические функции обработки, представления, записи и хранения измерительной информации. Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 1.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений «низкий» по Р 50.2.077-2014 (класс риска «А» по WELMEC 7.2 Issue 5).

Таблица 1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование	MDO4000C Firmware
Идентификационный номер версии	v1.02 и выше



Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики представлены в таблицах 2.1 – 2.6.

Таблица 2.1 – Осциллограф

Количество каналов	4
Тип входных соединителей	BNC(f)
Входное сопротивление (по выбору)	(1 ±0,01) МОм (50 ±0,5) Ом
Разрядность АЦП	8 бит
Максимальная скорость выборки (частота дискретизации), ГГц	
MDO4024C, MDO4034C, MDO4054C	2,5 (все 4 канала)
MDO4104C без опции анализатора спектра	5 (все 4 канала)
MDO4104C с опцией анализатора спектра	2,5 (3 или 4 канала) 5 (1 или 2 канала)
Максимальная длина записи отсчетов в память	20·10 ⁶
Коэффициент отклонения Ко, дискретно с шагом 1-2-5, или произвольно по выбору	
входное сопротивление 1 МОм	от 1 мВ/дел до 10 В/дел
входное сопротивление 50 Ом	от 1 мВ/дел до 1 В/дел
Остаточное смещение вертикальной шкалы U _о , не более, мВ	
входное сопротивление 1 МОм	
Ко = 1 мВ/дел	±(0,225 дел·Ко)
Ко ≥ 2 мВ/дел	±(0,2 дел·Ко)
входное сопротивление 50 Ом	
Ко = 1 мВ/дел	±(0,2 дел·Ко)
Ко ≥ 2 мВ/дел	±(0,1 дел·Ко)
Верхняя частота полосы пропускания (входное сопротивление 50 Ом), МГц	
все модели, Ко от 1 мВ/дел до 1,99 мВ/дел	175
MDO4024C, Ко от 2 мВ/дел до 1 В/дел	200
MDO4034C, Ко от 2 мВ/дел до 1 В/дел	350
MDO4054C и MDO4104C, Ко от 2 мВ/дел до 4,98 мВ/дел	350
MDO4054C, Ко от 5 мВ/дел до 1 В/дел	500
MDO4104C, Ко от 5 мВ/дел до 1 В/дел	1000
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения, %	
в последовательности 1-2-5	
Ко = 1 мВ/дел	±2
Ко ≥ 2 мВ/дел	±1,5
произвольная установка по выбору	±3
Диапазон установки положения по вертикали U _в	±5 дел·Ко
Диапазон установки напряжения смещения U _{см} , В	
Ко от 1 до 50 мВ/дел	±1
Ко от 50,5 до 99,5 мВ/дел	±0,5
Ко от 100 до 500 мВ/дел	±10
Ко от 505 до 995 мВ/дел (1 МОм), 1 В/дел (50 Ом)	±5
Ко от 1 до 5 В/дел (1 МОм)	±100
Ко от 5,05 до 10 В/дел (1 МОм)	±50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки напряжения смещения U _{см}	±[5·10 ⁻³ ·(U _{см} – U _в) + U _о]
Коэффициент развертки (в последовательности 1-2-4)	
MDO4024C, MDO4034C, MDO4054C	
MDO4104C с опцией анализатора спектра, 3 или 4 канала	от 1 нс/дел до 1000 с/дел

Продолжение таблицы 2.1

MDO4104C без опции анализатора спектра		от 400 пс/дел до 1000 с/дел
MDO4104C с опцией анализатора спектра, 1 или 2 канала		
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора в течение одного года после выпуска из производства или подстройки		
с опцией анализатора спектра		$\pm 1,6 \cdot 10^{-6}$
без опции анализатора спектра		$\pm 5 \cdot 10^{-6}$
Годовой дрейф частоты опорного генератора, не более		$\pm 1 \cdot 10^{-6}$

Таблица 2.2 – Вольтметр-частотомер

Максимальное значение входного напряжения, В	± 100
Разрешение по напряжению	4 разряда
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения (скз) частотой от 40 Гц до 1 кГц, %	$\pm 2,0$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения U: $\pm [1,5 \cdot 10^{-2} \cdot (U - U_{см}) + 5 \cdot 10^{-3} \cdot U_{см} + 0,1 \cdot K_0 \cdot \text{дел}]$, где U – значение напряжения, U _{см} – напряжение смещения, K ₀ – коэффициент отклонения	
Максимальное значение измеряемой частоты, МГц	150
Разрешение по частоте	5 разрядов
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты F	$\pm 1 \cdot 10^{-5} \cdot F$

Таблица 2.3 – Логический анализатор цифровых сигналов (опция MDO4MSO) с пробником P6616

Количество каналов	16
Входное сопротивление, типовое значение, кОм	100
Входная емкость, типовое значение, пФ	3
Диапазон установки порогов срабатывания U _г , В	± 40
Минимальная амплитуда входного сигнала, мВ	400
Минимальная длительность входного сигнала, нс	1,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки порогов срабатывания U _г , В	$\pm (0,03 \cdot U_r + U_0)$, где U ₀ = 0,1 В

Таблица 2.4 – Анализатор спектра (опции SA3, SA6)

Диапазон частот	от 9 кГц до 3 ГГц
опция SA3	
опция SA6	от 9 кГц до 6 ГГц
Тип входного ВЧ соединителя	N(f)
Разрешение по частоте	1 Гц
Полоса обзора (дискретно в последовательности 1-2-5)	
опция SA3	от 1 кГц до 3 ГГц
опция SA6	от 1 кГц до 6 ГГц
Полоса пропускания (дискретно в последовательности 1-2-3-5)	от 20 Гц до 200 МГц
Уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц, не более, дБн/Гц	
при отстройке на 10 кГц	минус 108
при отстройке на 100 кГц	минус 110
при отстройке на 1 МГц	минус 120
Максимальный уровень измеряемой мощности, дБм	30

Продолжение таблицы 2.4

Диапазон установки опорного уровня (ступенями по 5 дБ), дБм	от минус 130 до плюс 20
Масштаб вертикальной шкалы (дискретно с шагом 1-2-5), дБ/дел	от 1 до 20
Усредненный уровень собственных шумов, нормализованный к полосе пропускания 1 Гц, не более, дБм/Гц	
на частотах от 9 до 50 кГц	минус 116
на частотах от 50 кГц до 5 МГц	минус 130
на частотах от 5 до 400 МГц	минус 146
на частотах от 400 МГц до 3 ГГц	минус 147
на частотах от 3 до 4 ГГц	минус 148
на частотах от 4 до 6 ГГц	минус 140
с предварительным усилителем TPA-N-PRE	
на частотах от 9 до 50 кГц	минус 119
на частотах от 50 кГц до 5 МГц	минус 140
на частотах от 5 до 400 МГц	минус 156
на частотах от 400 МГц до 3 ГГц	минус 157
на частотах от 3 до 4 ГГц	минус 158
на частотах от 4 до 6 ГГц	минус 150
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности на центральной частоте при температуре (23 ±5) °С (опорный уровень от минус 25 до 10 дБм), дБ	±1,0
Пределы дополнительной погрешности измерений мощности в рабочем диапазоне температур, типовое значение, дБ	±0,5
Уровень интермодуляционных искажений 3-го порядка на частотах выше 15 МГц, дБн, не более	минус 62
Уровень гармонических искажений 2-го и 3-го порядка, типовое значение, дБн, не более	минус 57
Уровень негармонических помех, не связанных с входом, типовое значение (за исключением отдельных частот), дБн, не более	минус 85

Таблица 2.5 – Генератор сигналов произвольной формы (опция MDO4AFG)

Диапазон частот	
синусоидальная форма	от 0,1 Гц до 50 МГц
прямоугольная/импульсная форма	от 0,1 Гц до 25 МГц
треугольная/пилообразная форма, кардиотон	от 0,1 Гц до 500 кГц
форма Sin(x)/x	от 0,1 Гц до 2 МГц
функция Гаусса, функция Лоренца, экспоненциальная форма, хаверсинус	от 0,1 Гц до 5 МГц
Разрешение по частоте	0,1 Гц или 4 разряда
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты	
на частотах до 10 кГц	$\pm 1,3 \cdot 10^{-4}$
на частотах выше 10 кГц	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$
Диапазон установки амплитуды U_m синусоидального сигнала	
на нагрузку 50 Ом	от 10 мВ до 2,5 В
на высокоомную нагрузку	от 20 мВ до 5 В
Диапазон установки постоянного напряжения смещения U_o	
на нагрузку 50 Ом	$\pm(1,25 \text{ В} - U_m/2)$
на высокоомную нагрузку	$\pm(2,5 \text{ В} - U_m/2)$

Продолжение таблицы 2.5

Разрешение установки амплитуды и напряжения смещения	
на нагрузку 50 Ом	500 мкВ
на высокоомную нагрузку	1 мВ
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки напряжения смещения $U_{см}$ при температуре $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, мВ: $\pm(1,5 \cdot 10^{-2} \cdot U_{см} + U_A)$, $U_A = 1$ мВ	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения амплитуды сигнала U_m на частоте 1 кГц при температуре $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, мВ: $\pm(1,5 \cdot 10^{-2} \cdot U_m + 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot U_0 + U_A)$, $U_A = 1$ мВ	

Таблица 2.6 – Общие технические характеристики

Вход синхронизации “Ext Reference”	
тип разъема	BNC(f)
частота синхронизации	10 МГц ± 20 Гц
амплитуда входного сигнала синхронизации, В	от 1,5 до 7
входное сопротивление	$(1,5 \pm 0,3)$ кОм
Выход синхронизации “AUX OUT”	
тип разъема	BNC(f)
частота выходного сигнала в режиме “Ref Clock Out”	10 МГц
уровни сигнала в режиме “Trigger Out”, В	
высокий уровень	
высокоомная нагрузка	$\geq 2,5$
нагрузка 50 Ом	$\geq 1,0$
низкий уровень	
высокоомная нагрузка	$\leq 0,7$
нагрузка 50 Ом	$\leq 0,25$
Габаритные размеры (ширина x высота x глубина), мм	439 x 229 x 147
Размеры дисплея (ширина x высота / диагональ), мм	210,4 x 157,8 / 264
Масса, кг, не более	5,5
Сетевое питание	
напряжение от 90 до 264 В / частота от 45 до 66 Гц	
напряжение от 100 до 132 В / частота от 360 до 440 Гц	
Потребляемая мощность, Вт, не более	250
Рабочие условия применения	
температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$	группа 4 ГОСТ 22261-94
относительная влажность воздуха, %, не более	от 0 до 50
при температуре от 0 до 40 $^\circ\text{C}$	от 10 до 90
при температуре от 40 до 50 $^\circ\text{C}$	от 10 до 60
Условия транспортирования и хранения	
температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$	от минус 30 до 70
относительная влажность воздуха, %, не более	
при температуре от 0 до 40 $^\circ\text{C}$	от 5 до 90 %
при температуре от 40 до 60 $^\circ\text{C}$	от 5 до 55 %
Электромагнитная совместимость	ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014
Безопасность	ГОСТ ИЕС 61010-1-2014

Знак утверждения типа

наносится на переднюю панель корпуса в виде наклейки и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность средства измерений

Комплектность осциллографов-анализаторов спектра серии MDO4000C приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность осциллографов-анализаторов спектра серии MDO4000C

Наименование и обозначение	Кол-во
Осциллограф-анализатор спектра MDO4024C/MDO4034C/MDO4054C/MDO4104C	1 шт.
Опция MDO4MSO (логический анализатор цифровых сигналов)	1 шт. по заказу
Опция SA3/SA6 (анализатор спектра)	1 шт. по заказу
Опция MDO4AFG (генератор сигналов произвольной формы)	1 шт. по заказу
Пробник TPP0500B (для моделей MDO4024C/MDO4034C/MDO4054C) Пробник TPP1000B (для модели MDO4104C)	1 шт.
Пробник P6616 (при заказе опции MDO4MSO)	1 шт.
Адаптер N-BNC (при заказе опции SA3/SA6)	1 шт.
Предварительный усилитель TPA-N-PRE (при заказе опции SA3/SA6)	1 шт. по заказу
Руководство пользователя 077-1173-00	1 шт.
Методика поверки РТ-МП-3249-441-2016	1 шт.

Поверка

осуществляется по документу РТ-МП-3249-441-2016 «ГСИ. Осциллографы-анализаторы спектра серии MDO4000C. Методика поверки», утвержденному ФБУ «Ростест-Москва» 26.05.2016 г.

Знак поверки наносится переднюю панель корпуса в виде наклейки.

Рекомендуемые средства поверки:

- калибратор осциллографов Fluke 9500 с формирователем 9510 (Госреестр № 30374-05);
- генератор сигналов Agilent E8257D-520 с опцией 1E1 (2 шт.), при наличии опции SA3/SA6 (Госреестр № 53941-13) ();
- ваттметр проходящей мощности СВЧ Rohde & Schwarz NRP-Z28, при наличии опции SA3/SA6 (Госреестр № 43643-10);
- стандарт частоты рубидиевый Stanford Research Systems FS725, при наличии опции MDO4AFG, (Госреестр № 31222-06);
- частотомер универсальный Tektronix FCA3000, при наличии опции MDO4AFG (Госреестр № 51532-12);
- мультиметр цифровой Keithley 2000, при наличии опции MDO4AFG (Госреестр № 25787-08).

Сведения о методиках (методах) измерений

Методы измерений изложены в разделах документа 077-1173-00 «Серия MDO4000C. Руководство пользователя».

Нормативные документы, устанавливающие требования к осциллографам-анализаторам спектра серии MDO4000C

- 1 ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
- 2 ГОСТ 8.027-2001. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы.
- 3 ГОСТ Р 8.648-2008. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц.
- 4 ГОСТ 8.129-2013. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты.

5 ГОСТ Р 8.562-2007. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений мощности и напряжения переменного тока синусоидальных электромагнитных колебаний.

6 ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014. Оборудование электрическое для измерения, управления и лабораторного применения. Требования электромагнитной совместимости. Часть 1. Общие требования.

7 ГОСТ ИЕС 61010-1-2014. Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования.

Архангельск (8182)63-90-72
Астана (7172)727-132
Астрахань (8512)99-46-04
Барнаул (3852)73-04-60
Белгород (4722)40-23-64
Брянск (4832)59-03-52
Владивосток (423)249-28-31
Волгоград (844)278-03-48
Вологда (8172)26-41-59
Воронеж (473)204-51-73
Екатеринбург (343)384-55-89
Иваново (4932)77-34-06

Ижевск (3412)26-03-58
Иркутск (395)279-98-46
Казань (843)206-01-48
Калининград (4012)72-03-81
Калуга (4842)92-23-67
Кемерово (3842)65-04-62
Киров (8332)68-02-04
Краснодар (861)203-40-90
Красноярск (391)204-63-61
Курск (4712)77-13-04
Липецк (4742)52-20-81

Киргизия (996)312-96-26-47

Магнитогорск (3519)55-03-13
Москва (495)268-04-70
Мурманск (8152)59-64-93
Набережные Челны (8552)20-53-41
Нижний Новгород (831)429-08-12
Новокузнецк (3843)20-46-81
Новосибирск (383)227-86-73
Омск (3812)21-46-40
Орел (4862)44-53-42
Оренбург (3532)37-68-04
Пенза (8412)22-31-16

Россия (495)268-04-70

Пермь (342)205-81-47
Ростов-на-Дону (863)308-18-15
Рязань (4912)46-61-64
Самара (846)206-03-16
Санкт-Петербург (812)309-46-40
Саратов (845)249-38-78
Севастополь (8692)22-31-93
Симферополь (3652)67-13-56
Смоленск (4812)29-41-54
Сочи (862)225-72-31
Ставрополь (8652)20-65-13

Казахстан (772)734-952-31

Сургут (3462)77-98-35
Тверь (4822)63-31-35
Томск (3822)98-41-53
Тула (4872)74-02-29
Тюмень (3452)66-21-18
Ульяновск (8422)24-23-59
Уфа (347)229-48-12
Хабаровск (4212)92-98-04
Челябинск (351)202-03-61
Череповец (8202)49-02-64
Ярославль (4852)69-52-93