

# Tektronix®

---

Серии TIVM  
Измерительная система IsoVu™

Руководство пользователя



077-1280-00





**Серии TIVM  
Измерительная система IsoVu™  
Руководство пользователя**

**Зарегистрируйтесь сейчас!**

Нажмите следующую ссылку для защиты вашего изделия.

► [www.tek.com/register](http://www.tek.com/register)

[www.tek.com](http://www.tek.com)

077-1280-00

Copyright © Tektronix. Все права защищены. Лицензированные программные продукты являются собственностью компании Tektronix, ее филиалов или ее поставщиков и защищены национальным законодательством по авторскому праву и международными соглашениями.

Изделия корпорации Tektronix защищены патентами и патентными заявками в США и других странах. Приведенные в данном руководстве сведения заменяют любые ранее опубликованные. Права на изменение спецификаций и цен сохранены.

TEKTRONIX и ТЕК являются зарегистрированными товарными знаками Tektronix, Inc.

ISOVU — торговая марка корпорации Tektronix, Inc.

TEKVPI — зарегистрированная торговая марка корпорации Tektronix, Inc.

### **Как связаться с корпорацией Tektronix**

Tektronix, Inc.  
14150 SW Karl Braun Drive  
P.O. Box 500  
Beaverton, OR 97077  
USA

Сведения о продуктах, продажах, услугах и технической поддержке.

- В странах Северной Америки по телефону 1-800-833-9200.
- В других странах мира — см. сведения о контактах для соответствующих регионов на веб-узле [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com).

## Гарантия

Корпорация Tektronix гарантирует, что в данном продукте не будут обнаружены дефекты материалов и изготовления в течение 1 (одного) года со дня поставки. Если в течение гарантийного срока в таком изделии будут обнаружены дефекты, корпорация Tektronix, по своему выбору, либо устранит неисправность в дефектном изделии без дополнительной оплаты за материалы и потраченное на ремонт рабочее время, либо произведет замену неисправного изделия на исправное. Компоненты, модули и заменяемые изделия, используемые корпорацией Tektronix для работ, выполняемых по гарантии, могут быть как новые, так и восстановленные с такими же эксплуатационными характеристиками, как у новых. Все замененные части, модули и изделия становятся собственностью корпорации Tektronix.

Для реализации своего права на обслуживание в соответствии с данной гарантией необходимо до истечения гарантийного срока уведомить корпорацию Tektronix об обнаружении дефекта и выполнить необходимые для проведения гарантийного обслуживания действия. Ответственность за упаковку и доставку неисправного изделия в центр гарантийного обслуживания корпорации Tektronix, а также предоплата транспортных услуг возлагается на владельца. Корпорация Tektronix оплачивает обратную доставку исправного изделия заказчику только в пределах страны, в которой расположен центр гарантийного обслуживания. Доставка исправного изделия по любому другому адресу должна быть оплачена владельцем изделия, включая все расходы по транспортировке, пошлины, налоги и любые другие расходы.

Данная гарантия перестает действовать в том случае, если дефект, отказ в работе или повреждение изделия вызваны неправильным использованием, хранением или обслуживанием изделия. В соответствии с данной гарантией корпорация Tektronix не обязана: а) исправлять повреждения, вызванные действиями каких-либо лиц (кроме сотрудников Tektronix) по установке, ремонту или обслуживанию изделия; б) исправлять повреждения, вызванные неправильной эксплуатацией изделия или его подключением к несовместимому оборудованию; в) исправлять повреждения или неполадки, вызванные использованием расходных материалов, отличных от рекомендованных корпорацией Tektronix; а также г) обслуживать изделие, подвергшееся модификации или интегрированное с иным оборудованием таким образом, что это увеличило время или сложность обслуживания изделия.

ДАННАЯ ГАРАНТИЯ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ТЕКТРОНИХ НА ДАННОЕ ИЗДЕЛИЕ НА УСЛОВИЯХ ЗАМЕНЫ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ГАРАНТИЙ, ДАННЫХ ЯВНО ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАВШИХСЯ. КОРПОРАЦИЯ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ ОТКАЗЫВАЮТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ ТОВАРНОСТИ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ КОРПОРАЦИИ ТЕКТРОНИХ ПО ДАННОМУ ГАРАНТИЙНОМУ ОБЯЗАТЕЛЬСТВУ ОГРАНИЧИВАЕТСЯ ТОЛЬКО РЕМОНТОМ ИЛИ ЗАМЕНОЙ ДЕФЕКТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗАКАЗЧИКАМ. КОРПОРАЦИЯ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА КОСВЕННЫЙ, СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО ОПОСРЕДОВАННЫЙ УЩЕРБ ДАЖЕ В ТОМ СЛУЧАЕ, ЕСЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛИ КОРПОРАЦИИ ТЕКТРОНИХ БЫЛИ ЗАРАНЕЕ УВЕДОМЛЕНЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОГО УЩЕРБА.

[W2 – 15AUG04]



# Оглавление

Важная информация по технике безопасности .....	v
Общие правила техники безопасности .....	v
Правила техники безопасности при техническом обслуживании .....	viii
Условные обозначения в данном руководстве.....	viii
Символы и условные обозначения на приборе .....	ix
Предисловие .....	xi
Основные характеристики .....	xi
Сертификация лазера .....	xi
Описание прибора.....	xii
Модели .....	xiii
Совместимые осциллографы.....	xiv
Сведения об эксплуатации.....	1
Принадлежности .....	1
Условия эксплуатации .....	2
Элементы управления и индикаторы .....	7
Подключение к схеме.....	10
Автокалибровка.....	13
AutoZero.....	14
Кнопка «Menu» (Меню).....	15
Коррекция смещения .....	15
Диапазон 1X/2X .....	18
Автоматический выбор диапазона .....	19
Выбор кабеля наконечника датчика.....	19
Ограничение на выходе .....	20
Нагрузка наконечника датчика.....	21
Компенсация искажений пробника.....	22
Компенсация фазового сдвига .....	22
Смещение входного сигнала .....	22
Примеры использования .....	23
Пример 1: Измерение напряжения исток-затвор $V_{GS}$ высоковольтного плеча .....	23
Пример 2: Измерение тока стока высоковольтного плеча .....	26
Пример 3: Неисправности, вызываемые разрядом статического электричества .....	27
Справочная информация .....	29
Технические характеристики.....	29
Габаритные чертежи .....	36
Структурная схема измерительной системы IsoVu.....	39
Триподы .....	40
Установка адаптеров наконечников пробников .....	42
Монтаж штыревых контактов квадратного сечения на печатной плате .....	45

Обслуживание пользователей.....	49
Предложения по обслуживанию.....	49
Профилактическое обслуживание.....	49
Процедуры проверки технических параметров.....	50
Задержка распространения.....	51
Условия возникновения ошибок и устранение неполадок.....	54
Повторная упаковка измерительной системы для отправки.....	57
Протокол испытаний.....	58
Приложение А: Дистанционное программирование.....	59
CH<n>:PRObe?.....	59
CH<n>:PRObe:AUTOZero EXECute.....	59
CH<n>:PRObe:COMMAND “CLAMP”, {“ON”   “OFF”}.....	59
CH<n>:PRObe:SET {“CLAMP ON”   “CLAMP OFF”}.....	59
CH<n>:PRObe:FORCEDRange <NR3>.....	60
CH<n>:PRObe:GAIN?.....	60
CH<n>:PRObe:ID {:SERnumber   :TYPE}?.....	60
CH<n>:PRObe:PROPDELay?.....	61
CH<n>:PRObe:RECDESkew?.....	61
CH<n>:PRObe:RESistance?.....	61
CH<n>:PRObe:UNIts?.....	61
CH<n>:PROBEControl {AUTO   MAN}.....	61
CH<n>:PROBEFunc:EXTAtten <NR3>.....	62
CH<n>:PROBEFunc:EXTDBatten?.....	62
CH<n>:PROBEFunc:EXTUnits {“UU”   “None”}.....	62
Приложение В: Информация о соответствии.....	63
Соответствие требованиям техники безопасности.....	63
Охрана окружающей среды.....	65
Предметный указатель.....	

# Список рисунков

Рис. i: Измерительная система IsoVu серий TIVM.....	xii
Рис. 1: Максимальные безопасные предельные расстояния при измерениях параметров основной частоты сигналов между головкой датчика и шиной заземления.....	5
Рис. 2: Опасная зона вокруг головки датчика — зона риска получения радиочастотного ожога. .	6
Рис. 3: Индикаторы и кнопки контроллера.....	7
Рис. 4: Метки на головке датчика. ....	9
Рис. 5: Метки на верхней и нижней сторонах кабеля наконечника датчика.....	9
Рис. 6: Подключение компенсационного устройства к осциллографу. ....	11
Рис. 7: Подключение кабеля наконечника датчика к головке датчика.....	12
Рис. 8: Присоединение головки датчика к гибкому триподу. ....	12
Рис. 9: Меню «Probe Setup» (Настройка пробника).....	15
Рис. 10: Артефакты в цифровом фильтре.....	16
Рис. 11: Искажения цифрового фильтра (около 2,5 % размаха сигнала $V_{\text{пиковое}}$ ). ....	17
Рис. 12: Искажения цифрового фильтра при выключенной коррекции смещения.....	17
Рис. 13: Маркировка на верхней стороне кабелей наконечников датчиков.....	18
Рис. 14: Маркировка на нижней стороне кабелей наконечников датчиков. ....	21
Рис. 15: На полумостовой схеме надписями обозначены затвор, исток и сток полевого транзистора на стороне высокого напряжения. ....	23
Рис. 16: Характеристики высоковольтного плеча при включении схемы.....	25
Рис. 17: Точковый шунт на стороне высокого напряжения. ....	26
Рис. 18: Эквивалентная схема резистора для поверхностного монтажа. ....	27
Рис. 19: Пример испытаний воздействием электростатического разряда. ....	28
Рис. 20: Габариты головки датчика с чехлом наконечника датчика. ....	36
Рис. 21: Габариты головки датчика без чехла наконечника датчика. ....	37
Рис. 22: Габариты контроллера.....	37
Рис. 23: Габариты компенсационного устройства. ....	38
Рис. 24: Габариты адаптеров наконечников. ....	38
Рис. 25: Структурная схема. ....	39
Рис. 26: Установка гибкого трипода под проверяемым устройством.....	40
Рис. 27: Подключение головки датчика сверху проверяемого устройства с помощью трипода... ..	40
Рис. 28: Подключение адаптера к печатной плате с использованием трипода для фиксации наконечника пробника. ....	41
Рис. 29: Совмещение адаптера ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,1" (2,54 мм) с контактами на печатной плате.....	42
Рис. 30: Совмещение адаптера ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,062" (1,57 мм) с контактами на печатной плате.....	43
Рис. 31: Установка адаптера ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,062" (1,57 мм) в рабочее положение.....	43
Рис. 32: Установка адаптера ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,1" (2,54 мм) в рабочее положение.....	44

Рис. 33: Требования к зазорам при установке адаптера.....	45
Рис. 34: Удаление держателя с контактов квадратного сечения на печатной плате.....	46
Рис. 35: Использование вспомогательного приспособления для установки штырей квадратного сечения на печатной плате. ....	48
Рис. 36: Измерение задержки распространения.....	54

## Список таблиц

Таблица 1: Стандартные принадлежности .....	1
Таблица 2: Дополнительные принадлежности.....	2
Таблица 3: Технические характеристики входного сигнала.....	3
Таблица 4: Параметры окружающей среды. ....	3
Таблица 5: Индикаторы и кнопки контроллера.....	7
Таблица 6: Выбор типа наконечника датчика. ....	20
Таблица 7: Смещение входного сигнала. ....	22
Таблица 8: Гарантированные технические характеристики.....	29
Таблица 9: Электрические характеристики.....	30
Таблица 10: Физические характеристики.....	35
Таблица 11: Оборудование, необходимое для проверки рабочих характеристик.....	50
Таблица 12: Неполадки и возможные способы устранения. ....	54
Таблица 13: Протокол испытаний.....	58
Таблица 14: Динамический диапазон кабелей наконечников датчиков. ....	60

# Важная информация по технике безопасности

Настоящее руководство содержит правила и предостережения, которыми следует руководствоваться для безопасной эксплуатации и содержания прибора в безопасном состоянии.

Дополнительная информация по безопасности при выполнении технического обслуживания прибора приводится в конце этого раздела. (См. стр. viii, *Правила техники безопасности при техническом обслуживании.*)

## Общие правила техники безопасности

Используйте прибор только указанным способом. Внимательно ознакомьтесь с приводимыми правилами техники безопасности во избежание травм и повреждения изделия или подключенных к нему устройств. Внимательно прочитайте все инструкции. Сохраните настоящее руководство для дальнейшего использования.

Соблюдайте все местные и общегосударственные нормы безопасности.

Помимо изложенных в настоящем руководстве указаний следует также выполнять общепринятые процедуры безопасности, чтобы обеспечить исправную и безопасную эксплуатацию прибора.

Прибор разработан для использования только подготовленным персоналом.

Снимать крышку для выполнения ремонта, технического обслуживания или регулировки разрешается только квалифицированным специалистам, знакомым с имеющимися в приборе факторами риска.

Для обеспечения надлежащей работы прибора всегда проверяйте его с помощью известного источника перед использованием.

Этот прибор не предназначен для обнаружения опасных напряжений.

При работе вблизи опасных находящихся под напряжением оголенных проводов следует использовать средства индивидуальной защиты для предотвращения поражения электрическим током или дуговым разрядом.

Во время работы с прибором может потребоваться доступ к другим компонентам большой системы. Прочитайте разделы по технике безопасности в руководствах по работе с другими компонентами системы и ознакомьтесь с мерами предосторожности и предупреждениями, связанными с эксплуатацией системы.

При встраивании этого прибора в систему ответственность за безопасность всей системы ложится на изготовителя укомплектованной системы.

**Пожарная безопасность  
и предотвращение  
травмирования**

**Соблюдайте правила подключения и отключения.** Не подключайте и не отключайте кабели с датчиками, измерительные провода или принадлежности, находящиеся под напряжением. Используйте измерительные провода и принадлежности, только поставляемые с прибором или рекомендованные корпорацией Tektronix и подходящие для работы с данным прибором.

**Соблюдайте допустимые значения параметров для всех соединителей и клемм.** Во избежание воспламенения или получения электротравмы соблюдайте все допустимые значения параметров и указания маркировки на приборе. Перед подключением прибора ознакомьтесь с дополнительными сведениями о номинальных значениях параметров в руководстве по эксплуатации. Не допускайте превышения наименьшей из присвоенных комплектующим изделиям прибора категории измерений (CAT), наименьших номинальных значений напряжения или тока, установленных для отдельных компонентов изделия или принадлежностей.

Не подавайте напряжение, превышающее предельно допустимое.

**Не используйте прибор со снятым кожухом.** Эксплуатация прибора со снятым кожухом или без защитных панелей не допускается. Возможен риск подвергнуться воздействию опасного напряжения.

**Не прикасайтесь к оголенным участкам цепи.** Не прикасайтесь к находящимся под напряжением оголенным соединениям и элементам.

**Не используйте прибор, если есть сомнения в его исправности..** При наличии сомнений в исправности прибора следует выполнить контроль функционирования силами квалифицированного специалиста по техническому обслуживанию.

При неисправности отключите прибор. Не используйте прибор, если он неисправен или работает ненадлежащим образом. При наличии сомнений в безопасности прибора выключите его и отсоедините шнур питания. Снабдите прибор ясной визуальной маркировкой для предотвращения его дальнейшей эксплуатации.

Перед началом работы проверьте принадлежности, убедитесь в отсутствии механических повреждений и замените поврежденные. Не пользуйтесь поврежденными принадлежностями или комплектующими с оголенными металлическими частями.

Осмотрите прибор перед использованием. Убедитесь в отсутствии повреждений и в наличии всех необходимых комплектующих.

Используйте только рекомендованные запасные части.

**Не пользуйтесь прибором в условиях повышенной влажности.** При перемещении прибора из холодного в теплое помещение возможно образование конденсата.

**Не пользуйтесь прибором во взрывоопасных средах.**

**Храните прибор чистым и сухим.** Перед очисткой прибора отключите все входные сигналы.

**Обеспечьте безопасные условия для работы.** Всегда располагайте прибор так, чтобы было удобно наблюдать изображение на дисплее и показания индикаторов.

Обеспечьте соответствие условий рабочей зоны стандартам эргономики. Для предотвращения появления туннельного синдрома проконсультируйтесь со специалистом по эргономике.

### **Кабели наконечников датчиков**

Когда устройство подключено к цепи под напряжением, следует обеспечивать безопасное расстояние до головки датчика и кабеля наконечника датчика в соответствии с рекомендациями в настоящем руководстве.

Отключайте кабель наконечника датчика и адаптеры от проверяемой схемы в перерывах между использованиями.

Храните кабель наконечника датчика подключенным к головке датчика в перерывах между использованиями.

Для проведения любых измерений используйте только кабели наконечников датчиков и принадлежности, имеющие соответствующую по номинальному значению напряжения, температуры, высоты над уровнем моря и силы тока категорию (CAT).

**Соблюдайте осторожность при работе с высоким напряжением.** Ознакомьтесь с номинальными напряжениями для используемого изделия и не превышайте их. Важно знать и соблюдать максимальное предельное допустимое напряжение измерения прибора. Предельное напряжение зависит от модели прибора и методики использования. Дополнительную информацию см. в разделе «Технические характеристики» руководства.



**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Во избежание получения электротравмы не превышайте максимальное предельное напряжение и категорию измерения.

---

**Соблюдайте правила подключения и отключения.**



**ОСТОРОЖНО.** Во избежание повреждения оборудования обесточьте проверяемую схему перед подключением или отключением кабеля наконечника датчика.

---

## Правила техники безопасности при техническом обслуживании

Раздел «Правила техники безопасности при техническом обслуживании» содержит дополнительную информацию о безопасном техническом обслуживании прибора. К выполнению технического обслуживания изделия допускаются только квалифицированные специалисты. Ознакомьтесь с «Правилами техники безопасности при техническом обслуживании» и «Общими правилами техники безопасности» перед выполнением любых операций по техническому обслуживанию.

**Во избежание получения электротравмы:** Не прикасайтесь к оголенным соединениям;

**Не выполняйте операции по техническому обслуживанию в одиночку.** При выполнении операций по техническому обслуживанию или настройке внутри прибора рядом должен находиться человек, способный оказать первую помощь и выполнить реанимационные мероприятия.

**Отключите питание.** Во избежание получения электротравмы выключите прибор и отсоедините шнур питания перед тем, как снять крышки или панели или открыть корпус для технического обслуживания.

**Примите меры предосторожности при выполнении технического обслуживания прибора при включенном питании.** В приборе имеются опасные напряжения и токи. Перед снятием защитных панелей, пайкой или заменой компонентов отключите питание, извлеките батарею (при наличии) и отсоедините измерительные провода.

**Проверьте безопасность прибора после ремонта.** После ремонта всегда проверяйте целостность цепи заземления и электрическую прочность изоляции.

## Условные обозначения в данном руководстве

Ниже приводится список условных обозначений, используемых в настоящем руководстве по эксплуатации.



**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Предупреждения о действиях и условиях, представляющих угрозу для жизни или способных нанести вред здоровью.

---



**ОСТОРОЖНО.** Предостережения о действиях и условиях, способных привести к повреждению данного прибора или другого оборудования.

---

**Изолированное, электрически независимое.** В настоящем документе термины и выражения *изолированное, электрически независимое* и

*гальванически изолированное* используются для указания на измерение, при выполнении которого непосредственная проводная связь с заземлением отсутствует.

## Символы и условные обозначения на приборе

Ниже приводится список возможных обозначений на приборе.

- Обозначение DANGER (ОПАСНО!) указывает на непосредственную опасность получения травмы.
- Обозначение WARNING (ВНИМАНИЕ!) указывает на возможность получения травмы при отсутствии непосредственной опасности.
- Обозначение CAUTION (ОСТОРОЖНО!) указывает на возможность повреждения данного прибора и другого имущества.



Если этот символ нанесен на прибор, сверьтесь с руководством по изделию для выяснения характера потенциальной опасности и мер по ее предотвращению. (Этот символ может также использоваться для указания на номинальные значения в руководстве.)

Следующие символы могут быть нанесены на прибор:





# Предисловие

В настоящем документе приводится информация об установке и использовании измерительной системы Tektronix TIVM серий IsoVu. Эта измерительная система представляет собой гальванически изолированное техническое решение для точного измерения широкополосных низковольтных дифференциальных сигналов с размахом до  $\pm 50$  Впик с лучшим в своем классе подавлением значительных напряжений основной частоты в полосе пропускания.

## Основные характеристики

- Новая технология IsoVu — гальванически изолированная система для измерения плавающих напряжений
  - Полоса пропускания от 0 до 1 ГГц
  - > 120 дБ (коэффициент подавления основной частоты 1 млн к 1) в полосе от 0 до 100 МГц и 80 дБ (10 000 к 1) на частоте 1 ГГц
- Дифференциальные напряжения  $\pm 50$  В пикового значения (зависит от типа датчика)
- Широкий диапазон напряжений основной частоты — до 2 кВ

## Сертификация лазера

CLASS 1 LASER PRODUCT

Настоящее изделие соответствует федеральным нормам 21 CFR 1040.10 и 1040.11 за исключением отклонений согласно уведомлению «Laser Notice No. 50» от 24 июня 2007 г.



**ОСТОРОЖНО.** Использование органов управления и регулировок отличным от описанного в настоящем руководстве способом может приводить к возникновению опасного излучения.

## Описание прибора

Измерительная система Tektronix IsoVu серий TIVM является измерительной системой с гальванической развязкой (оптически изолированной). Система состоит из кабеля наконечника датчика, головки датчика, контроллера и интерфейса TekVPI, как показано на представленном ниже рисунке. Опасные напряжения в головке датчика полностью изолированы от контроллера и осциллографа с помощью волоконно-оптических кабелей.

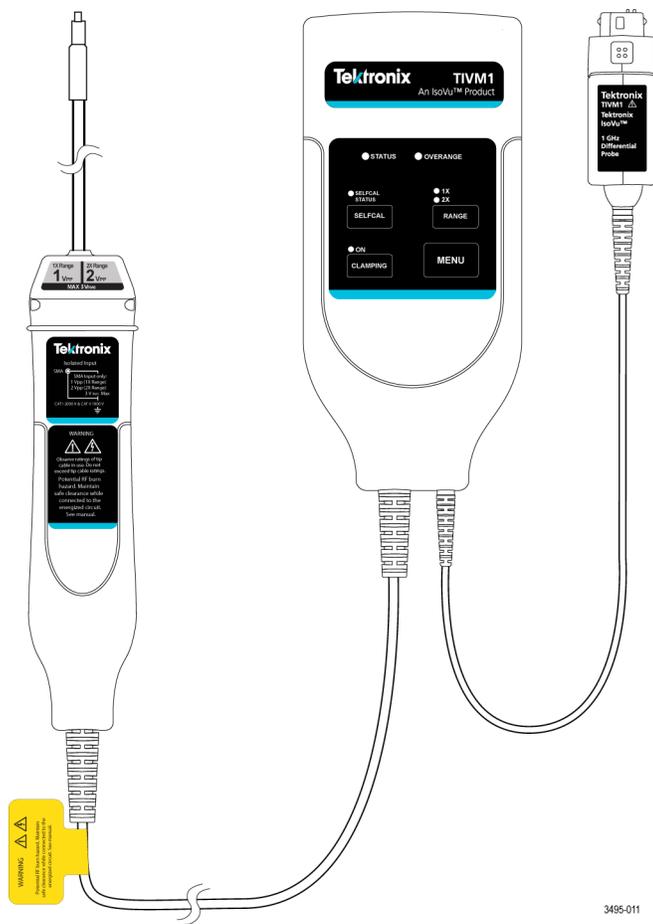


Рис. i: Измерительная система IsoVu серий TIVM.

### Компенсационное устройство

Компенсационное устройство TekVPI (Comp box) служит для соединения измерительной системы с одним из входных каналов осциллографа. Напряжение питания подается в измерительную систему через интерфейс TekVPI осциллографа.

<b>Контроллер</b>	Контроллер используется для соединения осциллографа и компенсационного устройства с помощью коаксиального кабеля. Кнопки и индикаторы контроллера служат для управления измерительной системой и отображения ее общего состояния.
<b>Головка датчика</b>	Головка датчика служит интерфейсом между проверяемым устройством и контроллером. В ней имеется электрооптический преобразователь для преобразования электрического сигнала из кабелей наконечников датчиков в передаваемый в контроллер оптический сигнал.
<b>Кабели наконечников датчиков</b>	Доступны различные кабели наконечников датчиков для соединения измерительной системы с проверяемым устройством. Кабели наконечников датчиков снабжены соединителем типа SMA для подключения головки датчика, двумя винтами для крепления кабеля наконечника датчика на головке датчика. Другой конец кабеля подключается к проверяемому устройству с помощью соединителя MMCX и дополнительных адаптеров.

## Модели

Доступны следующие модели измерительной системы IsoVu серий TIVM:

- TIVM1. Модель Tektronix IsoVu 1 ГГц среднего напряжения с кабелем длиной 3 м
- TIVM1L. Модель Tektronix IsoVu 1 ГГц среднего напряжения с кабелем длиной 10 м
- TIVM05. Модель Tektronix IsoVu 500 МГц среднего напряжения с кабелем длиной 3 м
- TIVM05L. Модель Tektronix IsoVu 500 МГц среднего напряжения с кабелем длиной 10 м
- TIVM02. Модель Tektronix IsoVu 200 МГц среднего напряжения с кабелем длиной 3 м
- TIVM02L. Модель Tektronix IsoVu 200 МГц среднего напряжения с кабелем длиной 10 м

## Совместимые осциллографы

Измерительную систему можно использовать со следующими осциллографами Tektronix. О возможности использования с отсутствующими в списке моделями проконсультируйтесь у местного представителя корпорации Tektronix.

- Серии MDO3000
- Серии MSO/DPO4000B
- Серии MDO4000B/C
- Серии MSO/DPO5000B
- Серии DPO7000C

В дополнение к перечисленным моделям осциллографов измерительную систему можно использовать со следующими осциллографами с адаптером TCA-VPI50.

- Серии MSO/DPO7000C
- Серии MSO/DPO7000DX
- Серии DPO7000SX

# Сведения об эксплуатации

## Принадлежности

В настоящем разделе перечислены стандартные и дополнительные принадлежности для измерительных систем.

### Стандартные принадлежности

Таблица 1: Стандартные принадлежности

Принадлежность	Номер по каталогу Tektronix
Сумка для переноски изделия IsoVu, мягкий футляр	016-2108-xx
Сумка для переноски принадлежностей IsoVu, мягкий футляр	016-2110-xx
Приспособление для пайки (монтажа) штыревых контактов квадратного сечения (0,016-0,018" — 0,4-0,46 мм) с шагом 0,062" (1,57 мм)	003-1946-xx
Кабель наконечника датчика 5X	IVTIP5X
Кабель наконечника датчика 25X	IVTIP25X
Ключ специальный с головкой 5/16" для соединителей SMA	003-1947-xx
Адаптер наконечника пробника (голубой), MMCX — штыревые контакты квадратного сечения (0,025" — 0,635 мм) с шагом 0,1" — 2,54 мм	131-9717-xx
Адаптер наконечника пробника (белый), MMCX — штыревые контакты квадратного сечения (0,016-0,018" — 0,4-0,46 мм) с шагом 0,062" — 1,57 мм)	131-9677-xx
Комплект штыревых контактов интерфейса проверяемого устройства (20 шт.) 0,018" (0,46 мм), монтируемых на плате с помощью пайки	020-3169-xx
Гибкий быстросъемный трипод	352-1171-xx
Ножки гибкого трипода, 3 шт.	344-0693-xx
Держатель наконечника пробника так называемый трипод с шарнирными опорами, 2 шт.	352-1170-xx
Сертификат о калибровке	—
Отчет с данными о калибровке.	—

### Дополнительные принадлежности

Доступны дополнительные принадлежности, например, кабели наконечников датчиков. В следующей таблице перечислены дополнительные принадлежности.

Таблица 2: Дополнительные принадлежности.

Принадлежность	Номер по каталогу Tektronix
Кабель наконечника датчика 1X	IVTIP1X
Кабель наконечника датчика 10X	IVTIP10X
Кабель наконечника датчика 50X	IVTIP50X

## Условия эксплуатации

Следует изучить этот раздел перед вводом измерительной системы в эксплуатацию и убедиться в том, что при подключении измерительной системы к проверяемому устройству выполняются условия эксплуатации и габаритные требования к размещению, в том числе требования к пространству потенциально опасных зон.

### Наиболее эффективные методы использования измерительной системы

Измерительная система собрана из высококачественных комплектующих. Именно поэтому система требует бережного обращения во избежание повреждений или снижения рабочих характеристик из-за ненадлежащего использования. При работе с волоконно-оптическим кабелем и кабелями наконечников датчиков необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- Не следует подвергать волоконно-оптические кабели раздавливающим, сжимающим нагрузкам или сгибать кабели под острым углом. Не следует допускать возникновения петель волоконно-оптического кабеля размером менее 12,7 см.
- Не следует скручивать волоконно-оптический кабель; скручивание кабеля создает нагрузку на оптические волокна.
- Не следует допускать образования петель и узлов на волоконно-оптическом кабеле.
- Не следует создавать растягивающие нагрузки на волоконно-оптический кабель.
- Следует избегать чрезмерного тяжения и рывков волоконно-оптического кабеля, особенно при наличии петель и узлов.
- Во избежание повреждения и смещения внутренних оптических компонентов следует исключить возможность падения головки датчика или контроллера.
- Следует избегать чрезмерных изгибов кабелей наконечников датчиков; радиус изгиба не может быть меньше минимального значения 5,1 см.

- Избегайте случайных раздавливающих нагрузок на кабель, например, наезда на кабель колесом кресла или падения на кабель тяжелых предметов.
- Никогда не поднимайте головку датчика или контроллер, потянув за кабель.
- Между использованиями следует хранить измерительную систему в поставляемой в комплекте сумке для переноски.

### Требования к окружающей среде

В следующей таблице приведены технические характеристики и максимальные значения рабочих параметров окружающей среды для измерительной системы, подключенной к проверяемому устройству и к осциллографу.

**Таблица 3: Технические характеристики входного сигнала**

Параметр	Описание
Сигнал основной частоты	1 000 В <sub>среднекв.</sub> , кат. II. 2 000 В пиковое, кат. I (ожидаемое пиковое напряжение при переходном процессе 2 500 В).
Дифференциальный режим	Зависит от типа кабеля наконечника датчика (см. номинальные значения напряжения кабелей наконечников датчиков ниже).

**Таблица 4: Параметры окружающей среды.**

Параметр	Описание
Температура	
Контроллер	
Рабочая	От 0 до 40 °C (от 32 до 104 °F)
Хранения	От -40 до 70 °C (от -40 до 158 °F)
Головка датчика	
Рабочая	От 0 до 70 °C (от 32 до 158 °F)
Хранения	От -40 до 70 °C (от -40 до 158 °F)
Кабели/адаптеры наконечников датчиков	
Рабочая и при хранении	От -40 до 85 °C (от -40 до 185 °F)
Влажность	
Контроллер	
Рабочая	Относительная влажность от 5 до 85 % при температуре до 40 °C (104 °F), без конденсации

Таблица 4: Параметры окружающей среды. (прод.)

Параметр	Описание
Хранения	Относительная влажность от 5 до 85 % при температуре до 40 °C (104 °F)
	Относительная влажность от 5 до 45 % при температуре от 40 °C (104 °F) до 70 °C (158 °F), без конденсации
Головка датчика	
Рабочая	Относительная влажность от 5 до 80 % при температуре до 40 °C (104 °F)
	Относительная влажность от 5 до 45 % при температуре от 40 °C (104 °F) до 70 °C (158 °F), без конденсации
Хранения	Относительная влажность от 5 до 85 % при температуре до 40 °C (104 °F)
	Относительная влажность от 5 до 45 % при температуре от 40 °C (104 °F) до 70 °C (158 °F), без конденсации
Кабели/адаптеры наконечников датчиков	
Рабочая	Относительная влажность от 5 до 80 % при температуре до 40 °C (104 °F)
	Относительная влажность от 5 до 45 % при температуре от 40 °C (104 °F) до 85 °C (185 °F), без конденсации
Хранения	Относительная влажность от 5 до 85 % при температуре до 40 °C (104 °F)
	Относительная влажность от 5 до 45 % при температуре от 40 °C (104 °F) до 70 °C (158 °F), без конденсации
Высота над уровнем моря	
Рабочая	3 000 м
Хранения	12 000 м

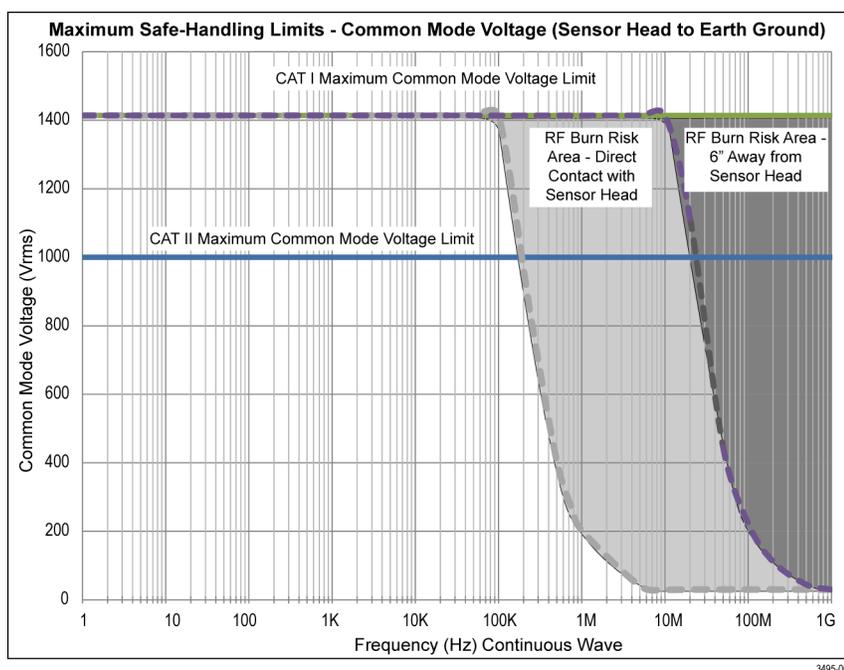
**Требования к зазорам**

Уникальный динамический диапазон измеряемых напряжений позволяет использовать систему в присутствии высокочастотного/высоковольтного сигнала помехи. Следует соблюдать все меры предосторожности при работе с изделием.



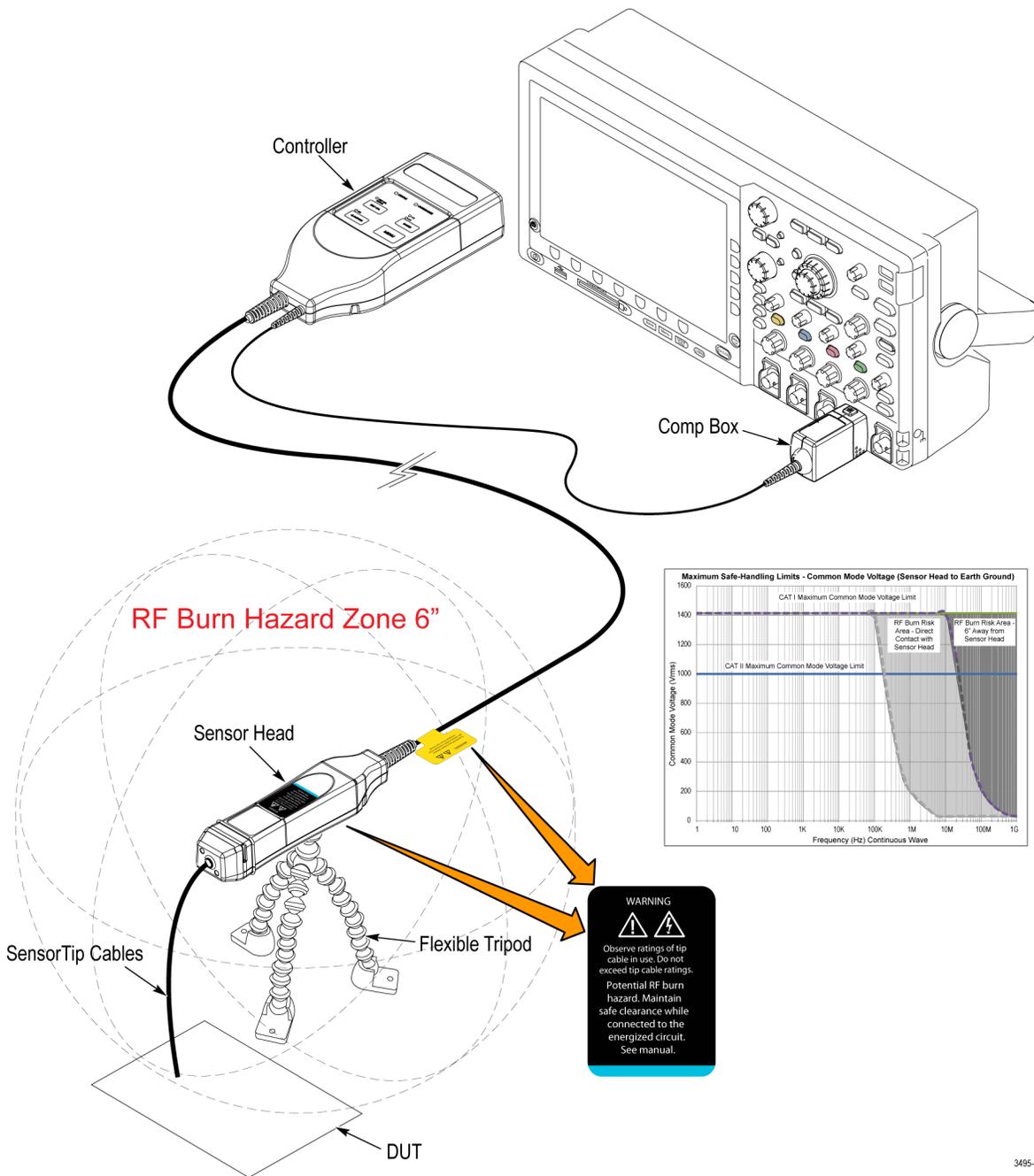
**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Существует риск получения радиочастотного ожога при использовании измерительной системы. Каждый выполняющий измерения может оказаться в зоне радиочастотного ожога, показанной на следующем рисунке. Работник должен быть знаком с опасными факторами при работе с сигналами в таких зонах и применять надлежащие меры защиты, например, экранирование проверяемого устройства.

При выполнении измерений параметров высокочастотных сигналов основной частоты присутствует риск получения радиочастотного ожога. Следует ознакомиться с представленной ниже диаграммой снижения уровня опасности для определения опасных зон. При измерении параметров сигналов основной частоты, попадающих в пределы светло-серой области диаграммы, имеется риск получения высокочастотного ожога только при непосредственном контакте с головкой датчика. При измерении параметров сигналов основной частоты, попадающих в пределы темно-серой области диаграммы, риск получения высокочастотного ожога присутствует в окрестности радиусом 15,25 см вокруг головки датчика.



**Рис. 1: Максимальные безопасные предельные расстояния при измерениях параметров основной частоты сигналов между головкой датчика и шиной заземления.**

На следующем рисунке показаны потенциально опасные зоны получения радиочастотного ожога по отношению к компонентам измерительной системы при работе с опасными напряжениями.



3495-002

Рис. 2: Опасная зона вокруг головки датчика — зона риска получения радиочастотного ожога.

## Элементы управления и индикаторы

**Контроллер** На следующем рисунке показаны индикаторы и кнопки контроллера, описание их функций представлено в таблице ниже.

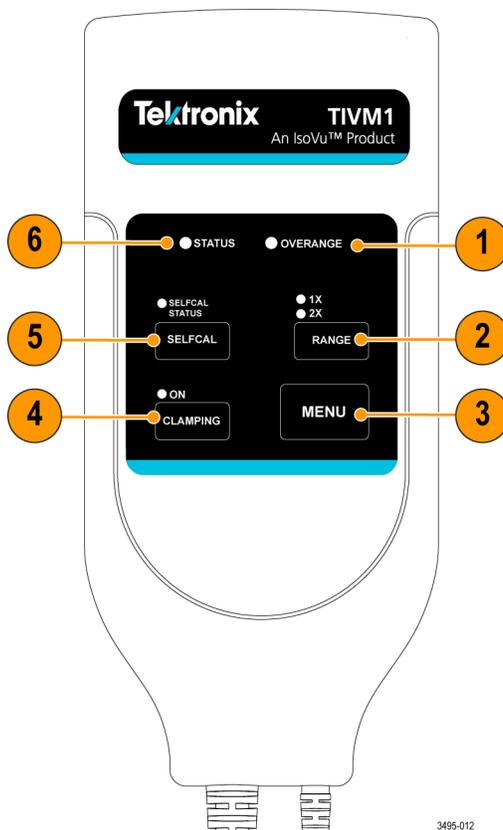


Рис. 3: Индикаторы и кнопки контроллера.

Таблица 5: Индикаторы и кнопки контроллера.

Элемент	Описание
1	Индикатор «OVERANGE» (ЗА ПРЕДЕЛАМИ ДИАПАЗОНА). Этот красный светодиод загорается в случае, когда приложенное к головке датчика или подключенному кабелю наконечника датчика дифференциальное напряжение постоянного тока или сигнала низкой частоты превышает максимально допустимые уровни входных напряжений.
2	Индикатор «RANGE» (ДИАПАЗОН). Два светодиода указывают установленный диапазон дифференциального входа. Кнопка «RANGE» (ДИАПАЗОН). При нажатии этой кнопки происходит переключение между двумя диапазонами напряжений дифференциального входа.

Таблица 5: Индикаторы и кнопки контроллера. (прод.)

Элемент	Описание
3	Кнопка «MENU» (МЕНЮ). При нажатии этой кнопки на экран осциллографа выводится меню «Probe Control» (управления пробником).
4	Индикатор «CLAMPING» (ОГРАНИЧЕНИЕ). Этот светодиод загорается, когда ограничение выходного сигнала включено. Кнопка «CLAMPING» (ОГРАНИЧЕНИЕ). Эту кнопку используют для включения и отключения функции ограничения.
5	Индикатор «SELF CAL» (АВТОКАЛИБРОВКА) Этот светодиод отображает статус автокалибровки. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Непрерывный зеленый. Автокалибровка выполнена.</li> <li>■ Мигающий оранжевый. Автокалибровка выполняется.</li> <li>■ Непрерывный красный. Автокалибровка не выполнена.</li> <li>■ Непрерывный оранжевый. Автокалибровка не запущена или проблематична.</li> </ul> Кнопка «SELF CAL» (АВТОКАЛИБРОВКА). Нажатие этой кнопки инициирует процесс автокалибровки.
6	Индикатор «STATUS» (СОСТОЯНИЕ). Этот светодиодный индикатор показывает состояние измерительной системы. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Непрерывный зеленый. Устройство включено, самоконтроль выполнен, устройство находится в нормальном рабочем состоянии.</li> <li>■ Мигающий зеленый. Процедура включения не завершена. Это обычно происходит при нарушении связи между осциллографом и устройством IsoVu. Отсоедините компенсационное устройство TekVPI и снова подключите его.</li> <li>■ Непрерывный или мигающий красный. Состояние ошибки, устройство необходимо отправить в корпорацию Tektronix для технического обслуживания.</li> <li>■ Мигающий красный/желтый. Процедура самоконтроля после включения устройства закончилась с ошибкой. Выключите и повторно включите устройство. Если ошибка не исчезла, устройство необходимо отправить в корпорацию Tektronix для технического обслуживания.</li> </ul>

**Головка датчика**

Метки на головке датчика содержат основные технические характеристики для подключения к проверяемому устройству. В них также имеются напоминания о возможном риске получения радиочастотного ожога при подключении к проверяемому устройству.



Рис. 4: Метки на головке датчика.

### Кабели наконечников датчиков

На каждом кабеле наконечника датчика имеется ряд меток на верхней и нижней сторонах. Метки на верхней стороне содержат напоминания о максимально допустимом диапазоне дифференциального напряжения на входе для каждого кабеля наконечника. В метках на нижней стороне содержатся название кабеля наконечника и величины сопротивления и емкости дифференциального входа кабеля наконечника (дифференциальная нагрузка).

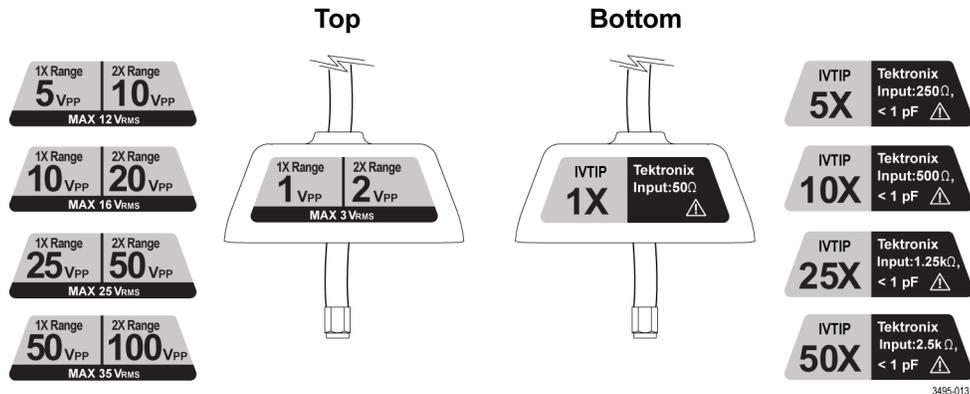


Рис. 5: Метки на верхней и нижней сторонах кабеля наконечника датчика.

## Подключение к схеме



---

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Измерительная система имеет источник лазерного излучения. Излучение лазера может привести к поражению организма лазерным излучением. Не удаляйте пластиковые или металлические крышки на головке датчика или контроллере (кроме закрывающей вход кабелей наконечников датчиков на головке датчика) и не пытайтесь разбирать изделие.

---



---

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Во избежание риска получения электротравмы не подключайте измерительную систему к схеме под напряжением. Всегда обесточивайте проверяемую схему перед подключением или отключением кабеля наконечника к проверяемой цепи.

---



---

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Во избежание риска получения электротравмы или радиочастотного ожога, когда проверяемое устройство находится под напряжением, не прикасайтесь к головке датчика или к кабелю наконечника при выполнении измерений. При выполнении измерений всегда находитеcь на расстоянии 15,25 см от головки датчика. (См. рис. 2 на странице 6.)

Всегда проверяйте по диаграмме снижения уровня опасности максимальный размер зоны, где имеется риск получения радиочастотного ожога. (См. рис. 1 на странице 5.)

---



---

**ОСТОРОЖНО.** Во избежание возможного повреждения оборудования не подключайте экран (общий провод) кабеля головки датчика или входной соединитель SMA к части схемы с высоким комплексным сопротивлением. Дополнительная емкость может приводить к повреждению цепи. Экран коаксиального кабеля (общий провод) следует подключать к части схемы с низким комплексным сопротивлением.

---

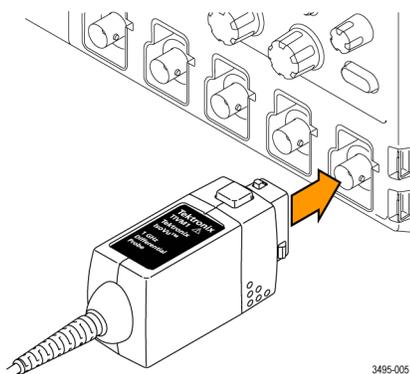
---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Прикосновение к головке датчика или к кабелю наконечника датчика при выполнении измерений высокочастотных сигналов увеличивает емкостную связь по высокому напряжению основной частоты и может снижать нагрузку проверяемой схемы по основной частоте.

---

Следующие действия описывают процесс включения измерительной системы между осциллографом Tektronix и проверяемым устройством.

1. Убедитесь в том, что проверяемое устройство не имеет подключений к цепи под напряжением.
2. Подключите компенсационное устройство к одному из каналов осциллографа.



**Рис. 6: Подключение компенсационного устройства к осциллографу.**

3. На следующем рисунке показано подключение кабеля наконечника датчика к головке датчика.
  - a. Расположите кабель наконечника датчика по оси головки датчика.  
Примите меры для исключения изгиба или перекручивания сборки кабеля наконечника датчика при выполнении подключения.
  - b. Подключите соединитель SMA кабеля наконечника датчика к головке датчика. Зажмите прилагаемым ключом кабельную часть соединителя SMA, момент затягивания — от 0,4519 до 0,5649 Н·м.  
Используйте поставленный в комплекте с измерительной системой регулировочный инструмент.
  - c. Прижмите корпус кабеля наконечника датчика к головке датчика и заверните два винта, момент затягивания — от 0,339 до 0,5649 Н·м.  
Используйте поставленный в комплекте с измерительной системой регулировочный инструмент.

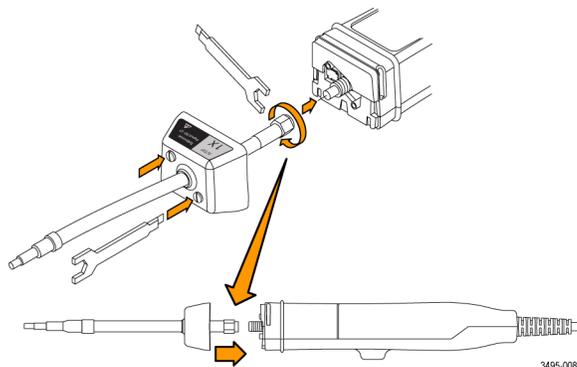


Рис. 7: Подключение кабеля наконечника датчика к головке датчика.

4. Соедините головку датчика с гибким триподом или аналогичной опорой.

Эта опора фиксирует головку датчика, снижая потенциальную механическую нагрузку на место электрического контакта с проверяемым устройством. Опора также удерживает головку датчика от соприкосновения с окружающими цепями и проводящими объектами для минимизации паразитных емкостных связей с окружающими элементами.

---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Соединительная резьба головки датчика —  $UNC\frac{1}{4}-20$ . При использовании другой опоры убедитесь в том, что соединительная резьба опоры —  $UNC\frac{1}{4}-20$ .

---

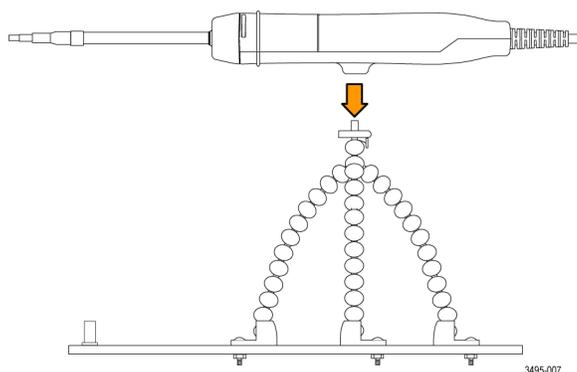


Рис. 8: Присоединение головки датчика к гибкому триподу.

---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Для получения максимально точных результатов измерений дайте измерительной системе прогреться в течение 20 минут. Затем следует выполнить автокалибровку до подключения кабеля наконечника к проверяемому устройству и выполнения измерений.

---

5. Подключите соединитель MMCX кабеля наконечника датчика к соединителю проверяемого устройства или к адаптеру для штыревых контактов квадратного сечения проверяемого устройства. Для подключения к штыревым контактам квадратного сечения с шагом 0,100" (2,54 мм) или с шагом 0,062" (1,57 мм) используют адаптеры. (См. рис. 28 на странице 41.)
6. Установите требуемые настройки осциллографа.
7. Подайте питание на проверяемое устройство для выполнения измерений.

## Автокалибровка

Нажмите кнопку «SELF CAL» (Автокалибровка) контроллера для подстройки рабочей точки текущего диапазона и заданного режима ограничения измерительной системы. (Эта функция недоступна в меню осциллографа «Probe Setup» — Настройка пробника).

---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** При выполнении автокалибровки убедитесь в отсутствии дифференциального напряжения в кабеле наконечника датчика.

---

При включении измерительной системы индикатор состояния «SELF CAL» (Автокалибровки) оранжевый; это означает, что рабочая точка измерительной системы не была настроена. Это может привести к снижению точности измерительной системы. Последовательность операций «SELF CAL» (Автокалибровки) системы следует выполнять при первом включении системы после прогрева в течение 20 минут. После нажатия кнопки «SELF CAL» (Автокалибровка) индикатор начинает мигать оранжевым светом. Сигнал индикатора становится непрерывным зеленым при успешном завершении процедуры или непрерывным красным в случае завершения процедуры с ошибкой.

Выполнение автокалибровки необходимо в следующих случаях. В этих случаях индикатор состояния «SELF CAL» становится оранжевым, указывая на необходимость выполнения процедуры:

- Измерительная система впервые подключена к осциллографу;
- Был изменен диапазон измерения (1X|2X) или режим ограничения (ON|OFF — ВКЛ.|ВЫКЛ.);
- Температура головки датчика изменилась более, чем на 10 °С;
- Внутренние настройки компенсации вышли за пределы нормального рабочего диапазона;
- Заменен кабель наконечника датчика.

**Программирование** При необходимости инициировать автокалибровку с помощью интерфейса программирования следует настроить конфигурацию измерительной системы для того, чтобы процедура автокалибровки выполнялась каждый раз при получении команды «AutoZero» (Автообнуление). Чтобы связать эти две функции, следует удерживая нажатой кнопку «MENU» (МЕНЮ) кратковременно нажать кнопку «SELF CAL» (АВТОКАЛИБРОВКА). Индикатор «OVERRANGE» (ЗА ПРЕДЕЛАМИ ДИАПАЗОНА) должен дважды мигнуть красным. Этот режим энергонезависим, при этом изменяется также действие кнопки «AutoZero» (Автообнуление) в меню «Probe Setup» (Настройка пробника) осциллографа. Восстановление исходной работы происходит при повторении нажатий кнопок «MENU»-«SELF CAL». При этом индикатор «OVERRANGE» (ЗА ПРЕДЕЛАМИ ДИАПАЗОНА) должен мигнуть один раз.

## AutoZero

Если отображаемая осциллограмма располагается не в центре экрана (например, вследствие небольшой ошибки смещения по постоянному току), может потребоваться нажать кнопку «AutoZero» (Автообнуление) в меню «Probe Setup» (Настройка пробника) осциллографа. Такая необходимость впервые может возникнуть после завершения операции автокалибровки. Убедитесь в отсутствии дифференциального напряжения на кабеле наконечника датчика.

## Кнопка «Меню» (Меню)

Нажмите кнопку «MENU» (МЕНЮ) контроллера для вывода меню «Probe Setup» (Настройка пробника) осциллографа, как показано на рисунке ниже.

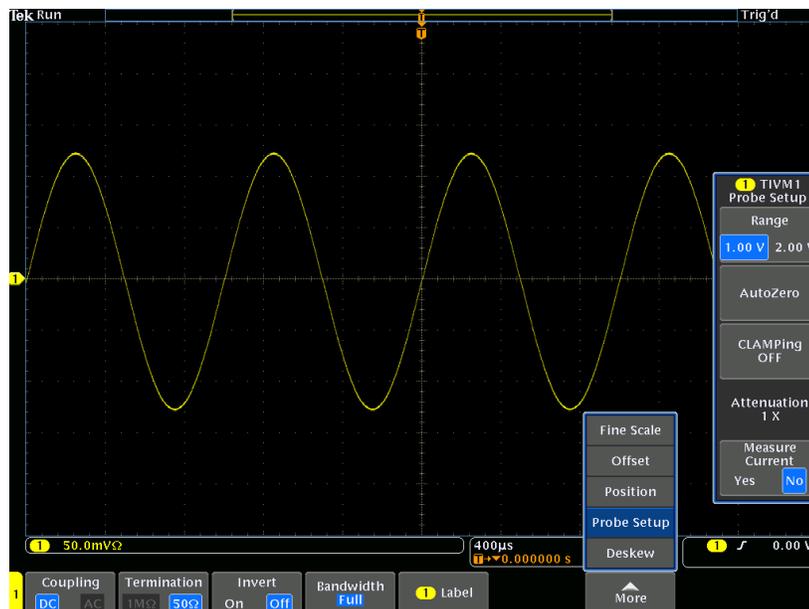


Рис. 9: Меню «Probe Setup» (Настройка пробника).

Для изменения настроек пробника используйте кнопки осциллографа. Некоторые функции работают так же, как и при нажатии кнопок контроллера, например, включение и выключение ограничения или установка входного диапазона.

## Коррекция смещения

В измерительной системе использованы передовые технологии, позволяющие полностью изолировать проверяемое устройство от осциллографа. Результатом этого является весьма высокий коэффициент ослабления сигнала основной частоты, что позволяет видеть слабые сигналы, которые в ином случае трудно различить из-за высокого уровня сигнала основной частоты.

В изделиях серий TVM использован алгоритм коррекции смещения для минимизации любого дрейфа системы, вызванного изменением температуры или движением волоконно-оптического кабеля. Использование алгоритма коррекции смещения позволяет фиксировать уровень постоянной составляющей отображаемого на экране сигнала.

Одним из элементов, используемых для коррекции смещения, является цифровой фильтр низких частот. Обычно частота сигнала достаточно высока, и работа фильтра очевидна. Однако, на низких частотах требуется выполнение специальной обработки для предотвращения появления искажений.

При попытках регистрации сигнала с частотами вблизи 43,5 Гц, 87,0 Гц или 130,5 Гц на дисплее могут появляться артефакты. Если исключить эти частоты невозможно, следует отключить коррекцию смещения. Частота дискретизации цифрового фильтра была выбрана таким образом, чтобы исключить появление артефактов на частотах 50 Гц или 60 Гц.

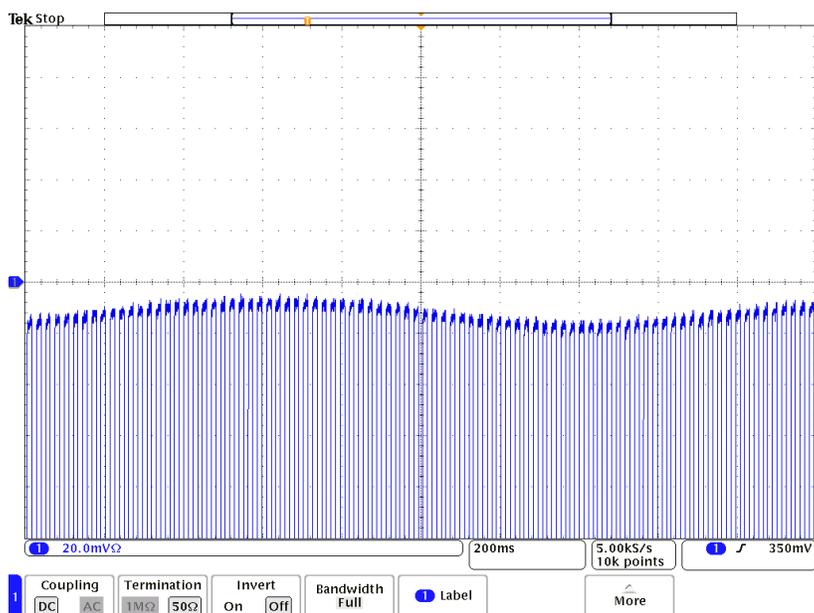


Рис. 10: Артефакты в цифровом фильтре.

Для отключения алгоритма коррекции смещения следует удерживая кнопку «MENU» (МЕНЮ) контроллера нажатой, кратковременно нажать кнопку «CLAMPING» (ОГРАНИЧЕНИЕ). Индикатор «OVERRANGE» (ЗА ПРЕДЕЛАМИ ДИАПАЗОНА) контроллера должен мигнуть дважды. Для повторного включения коррекции следует повторить указанные действия; индикатор «OVERRANGE» (ЗА ПРЕДЕЛАМИ ДИАПАЗОНА) контроллера должен однократно мигнуть. Выключение коррекции является временным: при отключении и повторном включении измерительной системы коррекция смещения включается вновь.

Другой источник искажений появляется в случае, когда частота сигнала ниже частоты среза цифрового фильтра (5,0 Гц). На рисунке ниже представлено укрупненное изображение передних фронтов последовательности прямоугольных импульсов с частотой 0,1 Гц и размахом  $U_{\text{пиковое}} = 800$  мВ. Такие искажения возникают также в цифровом фильтре.

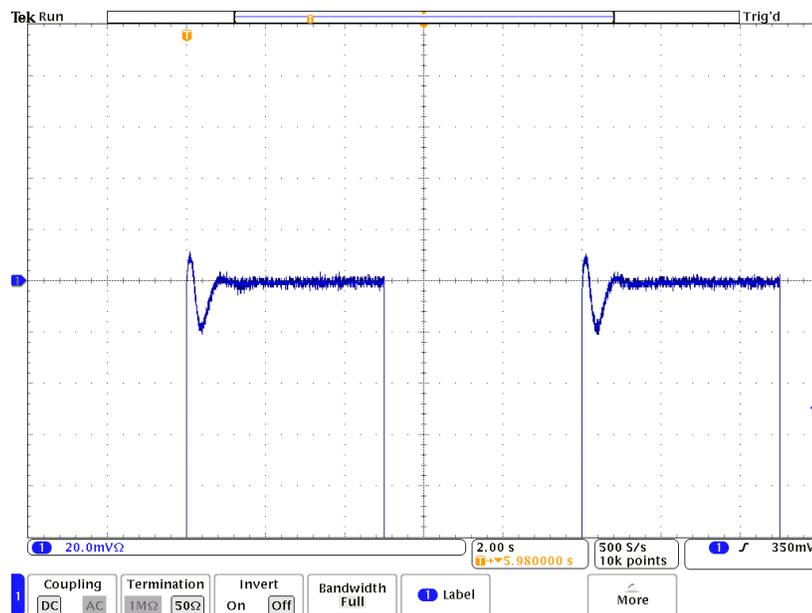


Рис. 11: Искажения цифрового фильтра (около 2,5 % размаха сигнала  $V_{\text{пиковое}}$ ).

На следующем рисунке показаны искажения, возникающие при выключении коррекции смещения. Когда коррекция смещения выключена, система перестает компенсировать долговременный дрейф, вызываемый изменением температуры и движением оптического волокна.

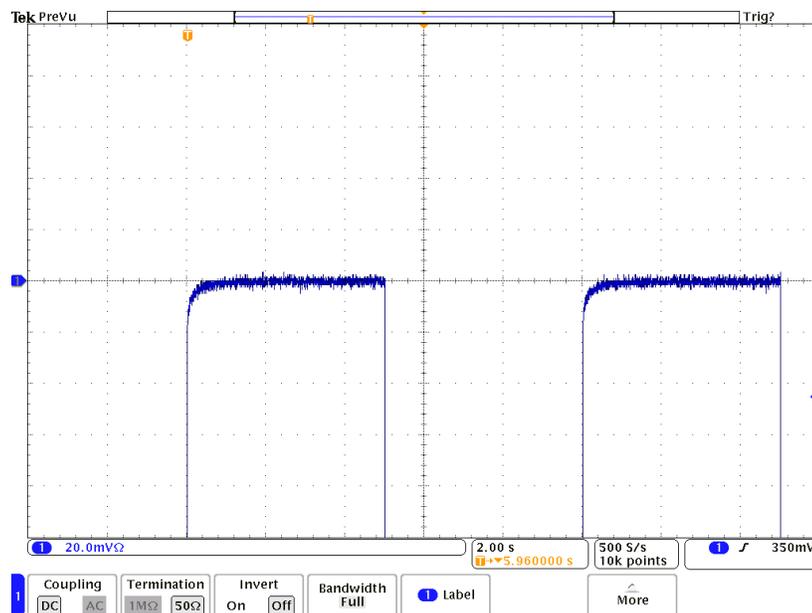


Рис. 12: Искажения цифрового фильтра при выключенной коррекции смещения.

## Диапазон 1X/2X

На верхней стороне каждого кабеля наконечника датчика (IVTIP1X, IVTIP5X, IVTIP10X, IVTIP25X, IVTIP50X) указан динамический диапазон напряжения в вольтах размаха сигнала, см. рисунок ниже.

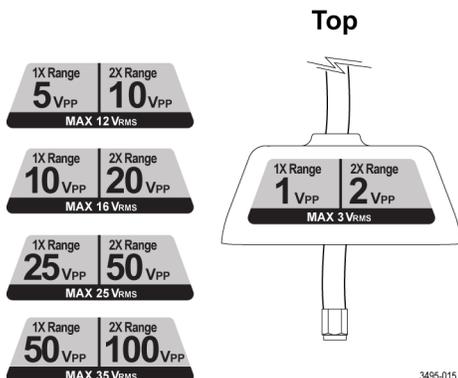


Рис. 13: Маркировка на верхней стороне кабелей наконечников датчиков.

Например, наконечник IVTIP5X имеет динамический диапазон  $5 V_{\text{размах}}$  при выбранной настройке 1X. Это означает, что можно отображать сигналы со величиной дифференциального напряжения  $\pm 2,5$  В. При выборе настройки 2X динамический диапазон увеличивается с  $5 V_{\text{размаха}}$  до  $10 V_{\text{размаха}}$  ( $\pm 5,0$  В). Дополнительные сведения — см. *Линейный диапазон дифференциального напряжения на входе* в таблице технических характеристик.



**ОСТОРОЖНО.** Во избежание повреждения пробника не допускайте превышения номинальной величины среднеквадратичного или пикового напряжения. Максимальное предельное неразрушающее напряжение (среднеквадратичное или пиковое значение) не увеличивается при выборе диапазона 2X. Для наконечника IVTIP5X предельные значения составляют  $12 V_{\text{среднеквадратичного}}$  и  $\pm 21,5 V_{\text{пикового}}$  напряжения и одинаковы для диапазонов 1X и 2X.

## Автоматический выбор диапазона

По умолчанию, в осциллографах серий MSO/DPO5000, DPO7000 и MSO/DPO70000 выбор диапазона 1X или 2X осуществляется автоматически при изменении настройки масштаба В/дел. Это упрощает задачу выбора диапазона для большинства пользователей. Однако, существуют сочетания диапазона и настройки В/дел., которых невозможно достичь в режиме автоматического выбора диапазона «Auto Range». В таких случаях, когда требуется использовать все возможности, выбирают режим «Manual Range» (Ручной выбор диапазона).

## Выбор кабеля наконечника датчика



**ОСТОРОЖНО.** Неправильный выбор типа кабеля наконечника датчика приводит к возникновению условий перенапряжения, способных повредить или ухудшить рабочие характеристики входной цепи головки датчика. Входное сопротивление соединителя SMA головки датчика — 50 Ом. Выбор надлежащего значения коэффициента ослабления кабеля наконечника датчика весьма важен для того, чтобы избежать ухудшения рабочих характеристик или повреждения устройства в результате перенапряжения. Следует выбирать кабель наконечника датчика с наивысшим возможным ослаблением подлежащего измерению сигнала. Это также обеспечивает наивысший дифференциальный импеданс для проверяемой схемы.

Критериями выбора кабеля наконечника кабеля в каждом конкретном случае являются ответы на следующие вопросы:

- Каково максимальное среднеквадратичное или пиковое значение напряжения в точке измерения (например, в случае возникновения неисправности)?
- Какова минимальная дифференциальная нагрузка (входное сопротивление), которое может выдержать проверяемая схема?
- Какой максимальный сигнал требуется моментально отобразить с помощью осциллографа?
- Какова требуемая чувствительность (например, минимальное значение В/дел.)?

Следующая таблица поможет в выборе подходящего типа наконечника датчика. Начинать следует с первой строки таблицы и двигаться вниз. Следует выбирать первый указанный наконечник, соответствующий заданным критериям.

Таблица 6: Выбор типа наконечника датчика.

Наконечник датчика	Параметры дифференциального входа				
	Наименьшее значение масштаба В/дел. <sup>1</sup>	Диапазон линейного напряжения <sup>2</sup>	Максимальное не приводящее к повреждению напряжение (среднеквадр.)	Максимальное не приводящее к повреждению напряжение (пиковое)	Дифференциальное входное сопротивление
IVTIP50X	50 мВ/дел.	±50 В (100 В <sub>размах</sub> )	35 В <sub>среднеквадратичное</sub>	200 В пиковое	2,5 кОм
IVTIP25X	25 мВ/дел.	±25 В (50 В <sub>размах</sub> )	25 В <sub>среднеквадратичное</sub>	107,5 В пиковое	1,25 кОм
IVTIP10X	10 мВ/дел.	±10 В (20 В <sub>размах</sub> )	16 В <sub>среднеквадратичное</sub>	43 В пиковое	500 Ом
IVTIP5X	5 мВ/дел.	±5 В (10 В <sub>размах</sub> )	12 В <sub>среднеквадратичное</sub>	21,5 В пиковое	250 Ом
IVTIP1X	1 мВ/дел.	±1 В (2 В <sub>размах</sub> )	3 В <sub>среднеквадратичное</sub>	4,3 В пиковое	50 Ом

<sup>1</sup> В диапазоне 1X

<sup>2</sup> В диапазоне 2X

## Ограничение на выходе

Измерительная система имеет отключаемую функцию ограничения выходного сигнала. Нажатие этой кнопки контроллера включает и отключает функцию ограничения на выходе. При включенной функции ограничения (индикатор горит) выходная цепь ограничивает колебания выходного напряжения, поступающего на вход осциллографа. Это позволяет увеличить чувствительность по вертикали без перегрузки и насыщения входа.

## Нагрузка наконечника датчика

Все кабели наконечников датчиков (IVTIP1X, IVTIP5X, IVTIP10X, IVTIP25X, IVTIP50X) имеет различное дифференциальное входное сопротивление, указанное на метке на нижней стороне кабеля, как на следующем рисунке.

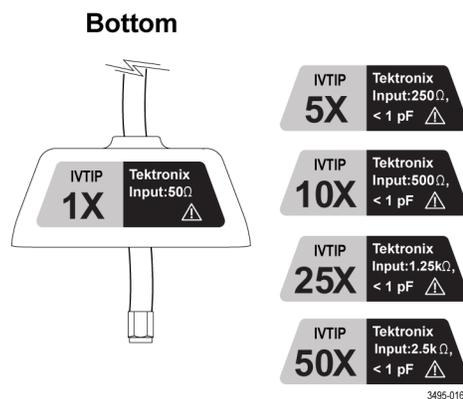


Рис. 14: Маркировка на нижней стороне кабелей наконечников датчиков.

Важно учитывать воздействие нагрузки наконечника на проверяемое устройство. Например, наконечник IVTIP5X имеет дифференциальное входное сопротивление 250 Ом. При выборе наконечника IVTIP25X дифференциальное входное сопротивление возрастает до 1,25 кОм. Дополнительные сведения — см. часть *Входное сопротивление/емкость* таблицы технических характеристик. Кабели наконечников датчиков специально сконструированы таким образом, чтобы работать в качестве синфазного дросселя, что помогает снизить нагрузку на основной частоте.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Для точной передачи сигнала коаксиальный экран (общий провод) кабеля наконечника датчика следует всегда присоединять к точке с наименьшим комплексным сопротивлением (обычно к общему проводу или к шине источника электропитания) проверяемого устройства (по отношению к центральному проводнику кабеля наконечника датчика).

## Компенсация искажений пробника

Осциллографы серий DPO7000 и MSO/DPO70000 снабжены функцией «Compensate Probe» (Компенсация искажений пробника), доступной в окне «Probe Setup» (Настройка пробника). Нажатие этой кнопки всегда приводит к неудачному завершению, поскольку входное сопротивление наконечников датчиков TIVM слишком низкое и не может быть определено выходом калибратора осциллографа. Точность системы TIVM для этих осциллографов все же гарантируется даже при ошибочном завершении процедуры «Compensate Probe» (Компенсация искажений пробника).

## Компенсация фазового сдвига

В каждом семействе осциллографов имеется свой способ подстройки временного соответствия сигналов, поступающих с различных датчиков. Следует обратиться к руководству по использованию или к встроенной справочной системе для получения специальных указаний по настройке компенсации фазового сдвига в пробнике. Измерительная система с кабелями длиной 3 м и 10 м имеют задержку распространения сигнала приблизительно 35 нс и 68 нс соответственно. Фактическое значение задержки распространения измеряют для каждого экземпляра измерительной системы и сохраняют в каждом устройстве.

## Смещение входного сигнала

В измерительной системе имеется настраиваемая пользователем управляемая входным сигналом функция компенсации постоянной составляющей. Это позволяет отобразить часть сигнала, выходящую за пределы экрана. Для управления этой функцией можно выбрать один из органов управления осциллографа.

Максимальное и минимальное значения смещения различаются в зависимости от кабеля наконечника датчика. Эти значения не изменяются при выборе диапазона 1X или 2X; они также не зависят от настройки масштаба В/дел. См. следующую таблицу значений напряжения смещения на входе.

Таблица 7: Смещение входного сигнала.

Кабель наконечника датчика	Напряжение смещения входного сигнала
IVTIP1X	±2 В
IVTIP5X	±10 В
IVTIP10X	±20 В
IVTIP25X	±50 В
IVTIP50X	±100 В

## Примеры использования

Следующие примеры приведены, чтобы помочь познакомиться с измерительной системой IsoVu серии TIVM и помочь достичь наилучших результатов при использовании системы.

### Пример 1: Измерение напряжения исток-затвор $V_{GS}$ высоковольтного плеча

Постоянное совершенствование производства элементов, используемых в импульсных источниках питания, делают измерение характеристик эффективности работы таких источников питания весьма трудной и увлекательной задачей. В частности, весьма интересным является измерение напряжения  $V_{GS}$  затвор-исток высоковольтного плеча полумостовой схемы. Для выполнения точных измерений требуется измерительная система с исключительно большим значением коэффициента ослабления синфазного сигнала. На следующем рисунке приведен пример такой схемы.

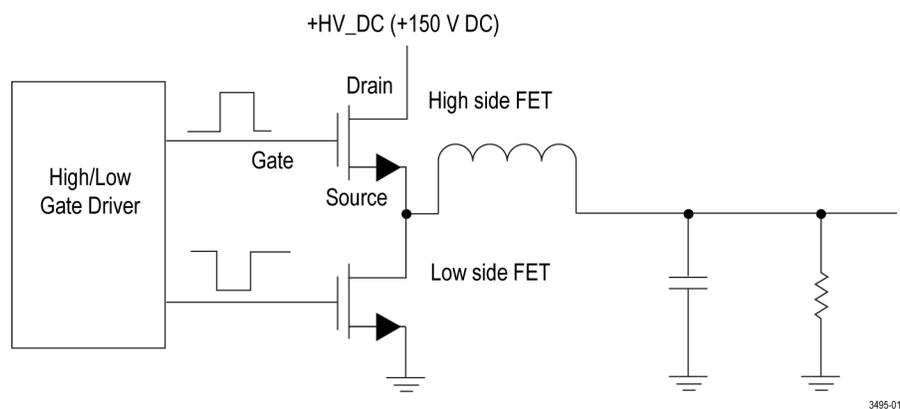


Рис. 15: На полумостовой схеме надписями обозначены затвор, исток и сток полевого транзистора на стороне высокого напряжения.

В схемах этого типа интересно исследовать изменение напряжения источника поступающих на затвор импульсов, поскольку частота переключения устройства определяется именно характеристиками управляющего напряжения на затворе транзистора. Опорным узлом для этого измерения является узел высокого напряжения источника, который при работе осуществляет переключение между входным напряжением от источника и местной шиной «земли» печатной платы. В измерительной системе с недостаточной величиной коэффициента ослабления синфазного сигнала влияние быстро меняющегося напряжения основной частоты приводит к искажению результатов измерений. Важно заметить, что величина коэффициента ослабления синфазного сигнала во всех измерительных системах зависит от частоты; однако, частота, которая важна для рассматриваемых измерений, — это не частота переключения, а частота, связанная с длительностью фронта переключения. Например, чтобы точно охарактеризовать источник питания с частотой переключения 100 кГц и длительностью фронта переключения 1 нс, необходима система с хорошим значением коэффициента ослабления синфазного сигнала при 350 МГц, что определяется скоростью изменения напряжения на фронте сигнала.

В этом примере напряжение управления на затворе может быть около 5 В, но обычно присутствует некоторый «звон» и выброс на фронте импульса, что следует учитывать при выполнении измерений. Для этого измерения подходит наконечник 10X с входом  $10 V_{\text{размаха}}$  напряжения (в диапазоне 1X), при этом сигнал полностью дискретизирован и находится в пределах динамического диапазона измерительной системы.

Для получения наилучшего значения коэффициента ослабления синфазного сигнала измерительной системы IsoVu серии TIVM следует обратить особое внимание на подключение измерительной системы к проверяемому устройству. Соединение должно обеспечивать точность прохождения сигнала и экранировать сигнал от нежелательных искажений. Для получения наилучших характеристик измерительной системы соединитель ММСХ следует разместить как можно ближе к точке измерения. Ряд поставщиков предлагают соединители ММСХ за относительно небольшую цену. Основными особенностями соединителей этого типа являются их компактные размеры и прочный металлический корпус, что делает их исключительно подходящими для такого применения. Прочный металлический корпус и позолоченный контакт создают хорошо экранированный сигнальный тракт.

Вход IsoVu обеспечивает выполнение плавающих дифференциальных измерений с *сопротивлением дифференциального входа* от 50 Ом до 2,5 кОм в зависимости от затухания наконечника. В нашем примере для измерения напряжения VGS (Gate-to-Source Voltage — напряжение затвор-исток) используется наконечник 10X с входным сопротивлением 500 Ом. Исключительно высокое, превосходящее гигаом, *сопротивление на основной частоте* включено параллельно с небольшой емкостью, образуемой между экраном кабеля наконечника и землей, обычно величиной 2 пФ или менее. Величины этих сопротивлений следует учитывать при определении способа подключения измерительной системы к проверяемому устройству. Узел источника в полумостовой схеме — это точка с очень низким сопротивлением, и именно эту точку следует использовать для управления емкостью экрана наконечника кабеля. Выход схемы управления затвором также является узлом с низким импедансом (но не таким низким, как импеданс источника) следует использовать для подключения центрального контакта кабеля наконечника датчика. Входное сопротивление кабеля наконечника датчика с наконечником 10X составляет 500 Ом по отношению к экрану, но не по отношению к «земле».

Примером возможного использования измерительной системы IsoVu является измерение параметров высоковольтного плеча при включении схемы, как показано на следующем рисунке.

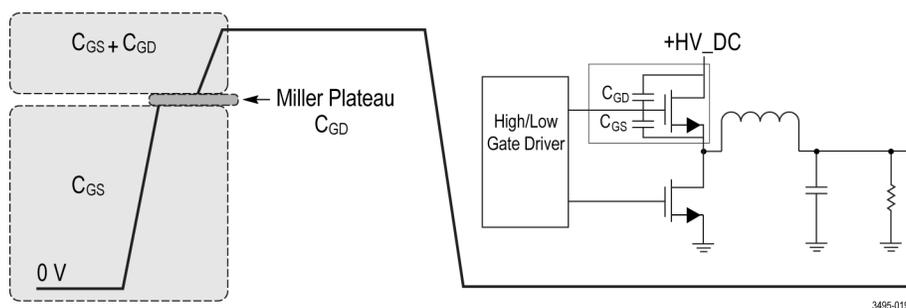


Рис. 16: Характеристики высоковольтного плеча при включении схемы.

В целом, имеется три специфических области на осциллограмме сигнала при включении (См. рис. 16.):

- Первая область — это время заряда емкости затвор-исток  $C_{GS}$ .
- Вторая область — это плато Миллера (интервал времени, необходимый для заряда емкости Миллера затвор-сток ( $C_{GD}$ ), длительность заряда которой зависит от напряжения  $V_{DS}$  между стоком и истоком. Время заряда увеличивается с ростом напряжения  $V_{DS}$  сток-исток.
- Третья область наблюдается при наступлении проводимости канала и заряде затвора до своего конечного значения.

Вследствие быстрого нарастания напряжения на переключающем узле при включении высоковольтного плеча напряжение основной частоты быстро меняется, что создает весьма высокие частоты и большие амплитуды в переходном процессе. Если не подавить переходной процесс основной составляющей сигнала, то измерить напряжение затвор-исток высоковольтного плеча  $V_{GS}$  во время переходного процесса невозможно.

## Пример 2: Измерение тока стока высоковольтного плеча

Измерение тока является весьма важным во многих случаях. Во взятой в качестве примера полумостовой схеме измерение тока стока высоковольтного плеча  $I_D$  является весьма непростой задачей, особенно при включении устройства. В дополнение к броскам тока при включении возможны переходные процессы по напряжению основной частоты, вызываемые паразитной индуктивностью питающих проводов. Подключение обычного датчика тока в эту точку цепи потребовало бы добавления дополнительной индуктивности, что может ограничивать эффективность работы цепи. Использование резистора с малым сопротивлением в качестве токового шунта предоставляет возможность выполнить измерения тока высокой частоты с введением минимального дополнительного сопротивления в цепь стока. (См. рис. 17.)

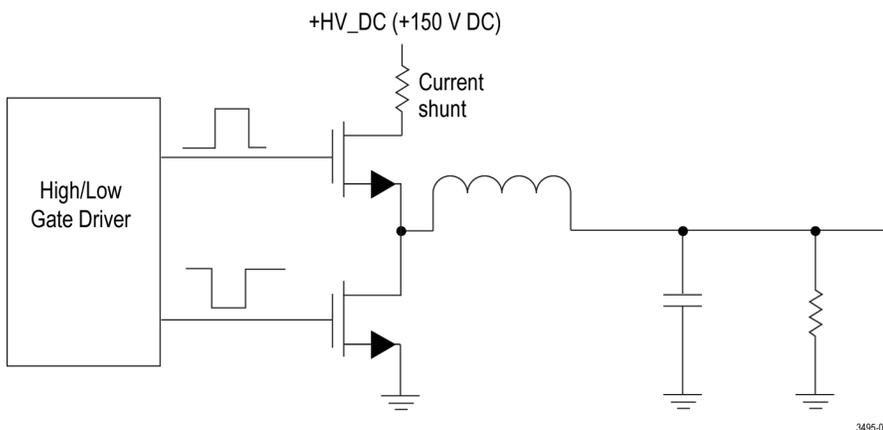


Рис. 17: Токовый шунт на стороне высокого напряжения.

В типовом случае резистор сопротивлением 0,25 Ом может быть использован для измерения переходного тока величиной 1 А, который вызывает падение напряжения 0,25 В, поддающееся измерению измерительной системой с наконечником 1X или 5X. Обычный резистор для поверхностного монтажа может обладать последовательной индуктивностью менее 0,2 нГн и последовательной емкостью менее 0,04 пФ, создающими значительно меньший импеданс на высоких частотах, чем создаваемый обычным пробником тока.

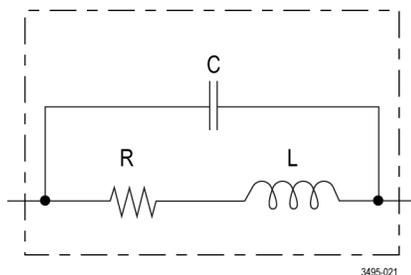


Рис. 18: Эквивалентная схема резистора для поверхностного монтажа.

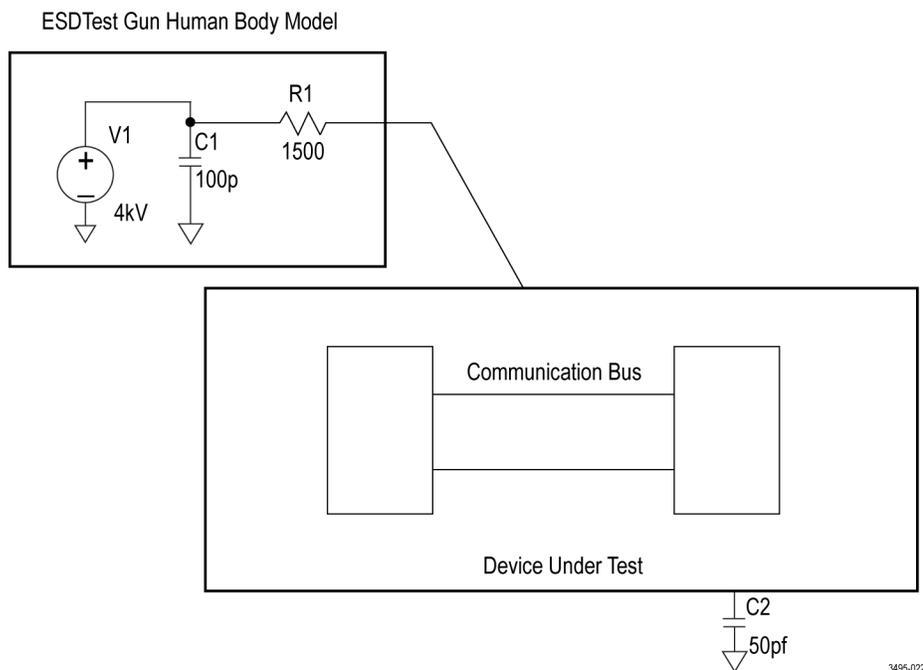
См. сведения об эквивалентных схемах для различных типов резисторов поверхностного монтажа на веб-странице <http://www.vishay.com/docs/60107/freqresp.pdf>.

В общем случае, резисторы для поверхностного монтажа имеют весьма малую допустимую мощность рассеивания, поэтому следует позаботиться о том, чтобы не превысить номинальную мощность при использовании их в качестве токового шунта. Различные поставщики предлагают компоненты с весьма высокой мощностью рассеивания для случаев, когда это действительно требуется. Например, резистор RP0402CB-R500FN-2Q производства компании Barry Industries (см. на сайте <http://www.barryind.com/>) на подложке из нитрида алюминия рассеивает мощность 1,0 Вт при сопротивлении 0,5 Ом или резистор RP0402CB-R500FN-2Q производства компании US Microwaves (см. на сайте <http://www.usmicrowaves.com/>) на подложке из оксида бериллия рассеивает мощность 1,5 Вт при сопротивлении 1 Ом.

### Пример 3: Неисправности, вызываемые разрядом статического электричества

Разряд статического электричества может негативно воздействовать на многие устройства и системы. Поиск и устранение вызванных электростатическим разрядом неисправностей может оказаться весьма трудным. Элемент измерительного оборудования, подключенный к устройству, подвергающегося испытаниям воздействия электростатического разряда, должен не только выдерживать такой разряд, но также и не быть подверженным воздействию быстрого изменения потенциала проверяемого устройства во время проведения испытаний разрядом статического электричества.

Рассмотрим, например, модель обычного человеческого тела емкостью 100 пФ и сопротивлением 1 500 Ом. Если устройство емкостью 50 пФ подвергается испытанию напряжением 4 кВ, на измерительное оборудование воздействует напряжение, изменяющееся более чем на 1 кВ за десятки наносекунд.



**Рис. 19: Пример испытаний воздействием электростатического разряда.**

В этом примере, предполагая наличия выброса в соединяющей два устройства коммуникационной шине во время электростатического разряда, разумно подключиться к сигналам шины и исследовать их во время действия разряда. Поскольку измерительная система имеет гальваническую развязку, она не подвержена влиянию вызываемых электростатическим разрядом переходных процессов и устойчива к высокому напряжению основной частоты при таком разряде. Именно поэтому имеется возможность осуществлять мониторинг коммуникационной шины во время электростатического разряда, и все нестационарные процессы можно исследовать, исключив влияние разряда.

# Справочная информация

## Технические характеристики

В следующей таблице приводятся технические характеристики измерительной системы. Соответствие техническим характеристикам гарантировано, если не указано иное.

Предельные значения в настоящих технических характеристиках обеспечиваются при следующих условиях:

- Прибор находится в условиях, когда температура окружающего воздуха, высота над уровнем моря и относительная влажность соответствуют указанным в настоящих технических характеристиках.
- Прибор прогрет в течение не менее 20 минут.
- Питание измерительной системы поступает от осциллографа с интерфейсом TekVPI.

Гарантированные технические характеристики представляют собой гарантированные значения параметров в пределах допустимых отклонений или определенных требованиями типовых испытаний.

Процедуры контроля значения задержки распространения приведены в настоящем документе ниже. (См. стр. 51, *Задержка распространения*.)

Таблица 8: Гарантированные технические характеристики.

Параметр	Описание
Задержка распространения (гарантированная)	оптическое волокно длиной 3 м: 35 нс ± 5 нс (фактическое значение задержки распространения измеряется и сохраняется в каждом устройстве)
	оптическое волокно длиной 10 м: 68 нс ± 7 нс (фактическое значение задержки распространения измеряется и сохраняется в каждом устройстве)

Таблица 9: Электрические характеристики.

Параметр	Описание		
Выходная нагрузка контроллера	Выходная нагрузка контроллера — 50 Ом		
Тип выхода контроллера	Связь по постоянному току (открытый)		
Диапазон затухания	<i>Кабели/адаптеры наконечников датчиков</i>	<i>диапазон 1X</i>	<i>диапазон 2X</i>
	Соединитель SMA входа головки датчика	1X (1 : 1)	2X (1 : 2)
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	1X (1 : 1)	2X (1 : 2)
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	5X (1 : 5)	10X (1 : 10)
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	10X (1 : 10)	20X (1 : 20)
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	25X (1 : 25)	50X (1 : 50)
	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	50X (1 : 50)	100X (1 : 100)
	Входное сопротивление/емкость (при подключении к головке датчика, сопротивление 50 Ом, типовое значение)	<i>Кабель/адаптер наконечника датчика</i>	<i>Сопротивление</i>
Соединитель SMA входа головки датчика		50 Ом ± 2%	—
IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X		50 Ом	—
IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X		250 Ом	< 1 пФ
IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X		500 Ом	< 1 пФ
IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X		1,25 кОм	< 1 пФ
IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X		2,5 кОм	< 1 пФ

Таблица 9: Электрические характеристики. (прод.)

Параметр	Описание		
 <b>ОСТОРОЖНО.</b> Во избежание повреждения измерительной системы не допускайте превышения предельного напряжения на входе; значение предельного напряжения действительно для диапазона 1X и для диапазона 2X.	Максимальное неповреждающее дифференциальное номинальное входное напряжение (типичное значение)	Кабели/адаптеры наконечников датчиков	$V_{\text{среднеквадратичное}}$ $V$ пиковое
	Соединитель SMA входа головки датчика	3 В	4,3 В пиковое
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	3 В	4,3 В пиковое
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	12 В	21,5 В пиковое
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	16 В	43 В пиковое
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	25 В	107,5 В пиковое
	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	35 В	200 В пиковое
Линейное дифференциальное номинальное входное напряжение (типичное значение)		Диапазон 1X, ограничение отключено	Диапазон 2X, ограничение отключено
	Кабель/адаптер наконечника датчика	$\pm V$ пиковое (постоянное напряжение + пиковое переменное напряжение)	$\pm V$ пиковое (постоянное напряжение + пиковое переменное напряжение)
	Соединитель SMA входа головки датчика	$\pm 0,5$ В	$\pm 1$ В
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	$\pm 0,5$ В	$\pm 1$ В
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	$\pm 2,5$ В	$\pm 5$ В
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	$\pm 5$ В	$\pm 10$ В
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	$\pm 12,5$ В	$\pm 25$ В
	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	$\pm 25$ В	$\pm 50$ В

Таблица 9: Электрические характеристики. (прод.)

Параметр	Описание		
Диапазон ограничения на выходе (приведенный ко входу, типовое значение)	<i>Кабель/адаптер наконечника датчика</i>	<i>Диапазон 1X, ограничение включено</i>	<i>Диапазон 2X, ограничение включено</i>
	Соединитель SMA входа головки датчика	±100 мВ	±200 мВ
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	±100 мВ	±200 мВ
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	±500 мВ	±1 В
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	±1 В	±2 В
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	±2,5 В	±5 В
	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	±5 В	±10 В
Время восстановления после перегрузки и ограничения на выходе (типичное значение)	< 20 нс		
Шум системы (типичное значение)	1 ГГц шум системы (приведенный ко входу)		
	<i>Кабель/адаптер наконечника датчика</i>	<i>Диапазон 1X</i>	<i>Диапазон 2X</i>
	Соединитель SMA входа головки датчика	< 0,8 мВ <sub>среднеквадр.</sub>	< 1,6 мВ <sub>среднеквадр.</sub>
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	< 0,8 мВ <sub>среднеквадр.</sub>	< 1,6 мВ <sub>среднеквадр.</sub>
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	< 4 мВ <sub>среднеквадр.</sub>	< 8 мВ <sub>среднеквадр.</sub>
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	< 8 мВ <sub>среднеквадр.</sub>	< 16 мВ <sub>среднеквадр.</sub>
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	< 20 мВ <sub>среднеквадр.</sub>	< 40 мВ <sub>среднеквадр.</sub>
IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	< 40 мВ <sub>среднеквадр.</sub>	< 80 мВ <sub>среднеквадр.</sub>	
Погрешность коэффициента усиления по постоянному току <sup>1</sup> , (приведенная ко входу, типовое значение)			
Погрешность коэффициента усиления по постоянному току	±3 % ± ошибка смещения по постоянному току ± систематическая погрешность смещения на входе		
от 80 % до 100 % диапазона в диапазоне 2X:	±5 % ± ошибка смещения по постоянному току ± систематическая погрешность смещения на входе		

Таблица 9: Электрические характеристики. (прод.)

Параметр	Описание		
Напряжение ошибки смещения по постоянному току <sup>2</sup> (приведенное ко входу, типовое значение)	Кабель/адаптер наконечника датчика	Диапазон 1X	Диапазон 2X
	Соединитель SMA входа головки датчика	±2 мВ	±4 мВ
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	±2 мВ	±4 мВ
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	±10 мВ	±20 мВ
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	±20 мВ	±40 мВ
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	±50 мВ	±100 мВ
	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	±100 мВ	±200 мВ
Диапазон смещения входного напряжения (типовое значение)	Кабель/адаптер наконечника датчика	Диапазон смещения входного напряжения	
	Соединитель SMA входа головки датчика	±2 В	
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	±2 В	
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	±10 В	
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	±20 В	
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	±50 В	
	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	±100 В	
Погрешность напряжения смещения на входе (типовое значение)	±5 %		
Время нарастания малого сигнала (от 10 % до 90 %, типовое значение) (Входной соединитель SMA с кабелем наконечника датчика)	Время нарастания		
	TIVM1/TIVM1L	≤ 350 пс	
	TIVM05/TIVM05L	≤ 700 пс	
	TIVM02/TIVM02L	≤ 1,8 нс	

Таблица 9: Электрические характеристики. (прод.)

Параметр	Описание				
Амплитудно-частотная характеристика для малого сигнала (типичная) (Входной соединитель SMA с кабелем наконечника датчика)	<i>Полоса пропускания на уровне -3 дБ</i>				
	TIVM1/TIVM1L	От 0 до $\geq 1$ ГГц			
	TIVM05/TIVM05L	От 0 до $\geq 500$ МГц			
	TIVM02/TIVM02L	От 0 до $\geq 200$ МГц			
Коэффициент ослабления сигнала основной частоты (типичное значение)					
Кабель/адаптер наконечника датчика	Постоянный ток	100 МГц	200 МГц	500 МГц	1 ГГц
IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	> 120 дБ	120 дБ	110 дБ	100 дБ	90 дБ
IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	> 120 дБ	120 дБ	110 дБ	100 дБ	90 дБ
IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	> 120 дБ	120 дБ	110 дБ	100 дБ	90 дБ
IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	> 120 дБ	110 дБ	100 дБ	100 дБ	90 дБ
IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	> 120 дБ	100 дБ	90 дБ	90 дБ	80 дБ
Адаптер MMCX — штыревые контакты квадратного сечения с шагом 0,1" (2,54 мм) с кабелем наконечника датчика	> 120 дБ	70 дБ	60 дБ	40 дБ	30 дБ
Адаптер MMCX — штыревые контакты квадратного сечения с шагом 0,062" (1,57 мм) с кабелем наконечника датчика	> 120 дБ	70 дБ	60 дБ	40 дБ	30 дБ
Диапазон входных напряжений сигнала основной частоты	2 кВ пиковое (2 кВ, категория I; 1000 В, категория II)				
Сопротивление для сигнала основной частоты (типичное значение)	неприменимо из-за гальванической изоляции (волоконно-оптическое соединение)				

Таблица 9: Электрические характеристики. (прод.)

Параметр	Описание	
Емкость для сигнала основной частоты <sup>3</sup> (типичное значение)	~2 пФ	
Диапазон индикации перегрузки (типичное значение)	Кабель/адаптер наконечника датчика	Индикатор «Overload» (Перегрузка) включен
	Соединитель SMA входа головки датчика	$V_{вх} < -3 \text{ В}$ или $V_{вх} > +3 \text{ В}$
	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	$V_{вх} < -3 \text{ В}$ или $V_{вх} > +3 \text{ В}$
	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	$V_{вх} < -12 \text{ В}$ или $V_{вх} > +12 \text{ В}$
	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	$V_{вх} < -16 \text{ В}$ или $V_{вх} > +16 \text{ В}$
	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	$V_{вх} < -25 \text{ В}$ или $V_{вх} > +25 \text{ В}$
	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	$V_{вх} < -35 \text{ В}$ или $V_{вх} > +35 \text{ В}$

<sup>1</sup> Разность между измеренным усилением по постоянному току и номинальным усилением, деленная на величину номинального усиления, выраженная в процентах.

<sup>2</sup> Приведено напряжение ошибки смещения по постоянному току при закороченном входе и установленном смещении пробника 0 В.

<sup>3</sup> Емкость между головкой датчика и плоскостью базового заземления. Головка датчика размещается на расстоянии 15,25 см над плоскостью базового заземления.

Таблица 10: Физические характеристики

Параметр	Описание
Масса нетто	(Масса без принадлежностей и упаковки).
Кабели наконечников датчиков	0,025 кг
Головка датчика	0,363 кг
Компенсационное устройство	0,816 кг
Компенсационное устройство TekVPI	0,57 кг
Длина кабелей наконечников датчиков	15,24 см
Длина волоконно-оптического кабеля	
TIVM1, TIVM02, TIVM05	3 м
TIVM1L, TIVM02L, TIVM05L	10 м
Длина кабеля TekVPI	55,88 см
Общая длина и допуски	

Таблица 10: Физические характеристики (прод.)

Параметр	Описание
От компенсационного устройства до контроллера	0,5588 м ± 3,81 см от крайней точки до крайней точки, область основания включена в общую длину.
От контроллера до головки датчика (TIVM1, TIVM02, TIVM05)	2,9718 м ± 10,2 см
От контроллера до головки датчика (TIVM1L, TIVM02L, TIVM05L)	9,982 м ± 10,2 см

## Габаритные чертежи

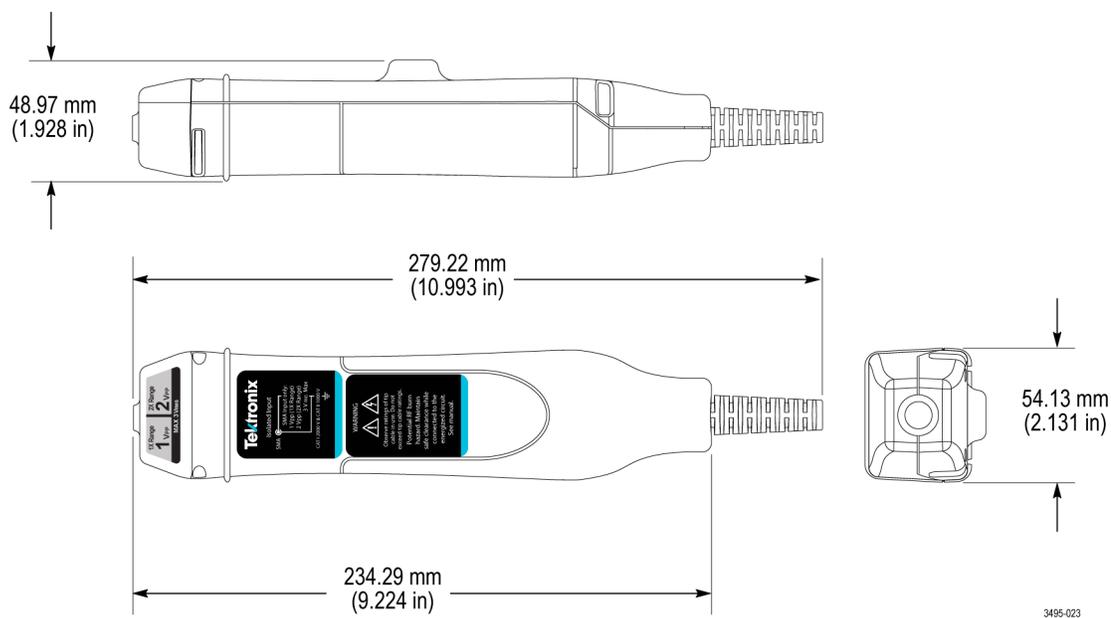
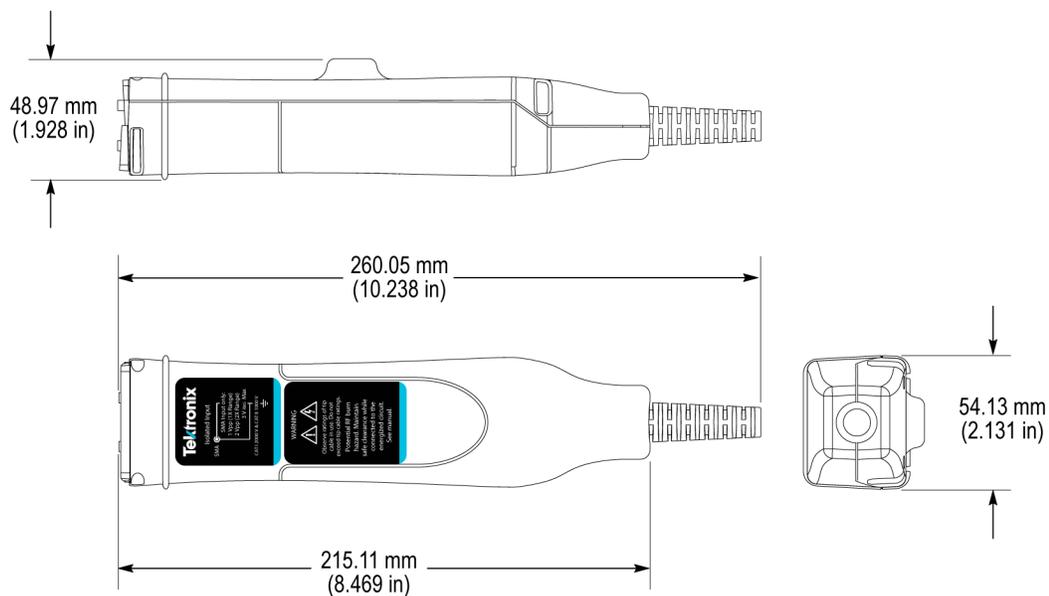
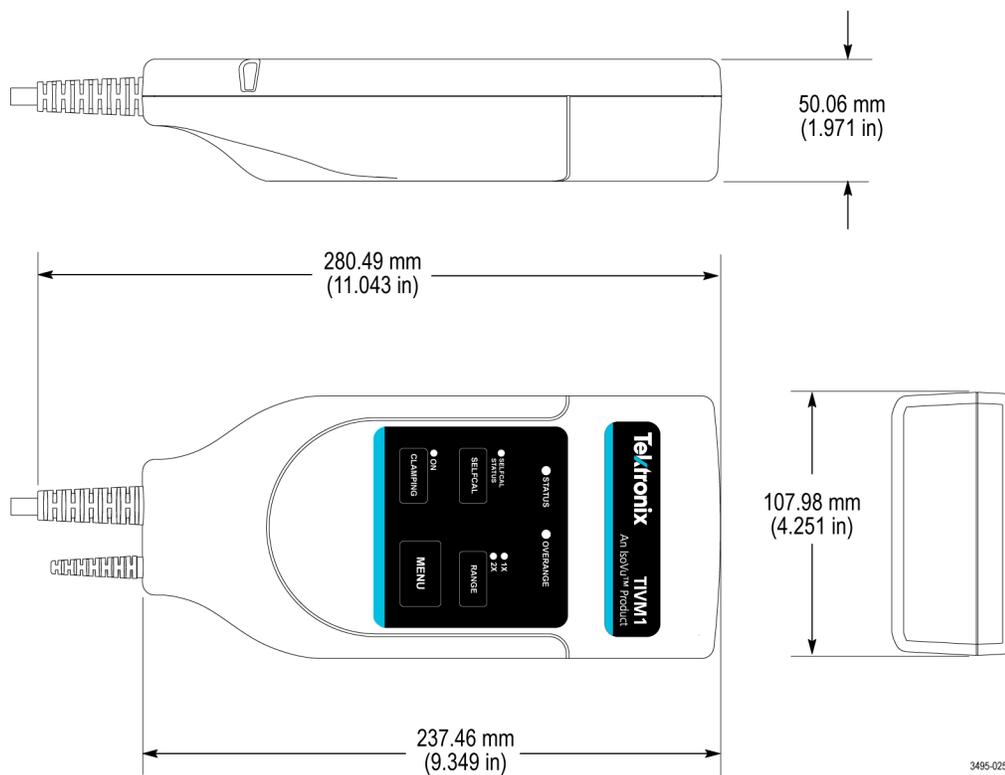


Рис. 20: Габариты головки датчика с чехлом наконечника датчика.



3495-024

Рис. 21: Габариты головки датчика без чехла наконечника датчика.



3495-025

Рис. 22: Габариты контроллера.

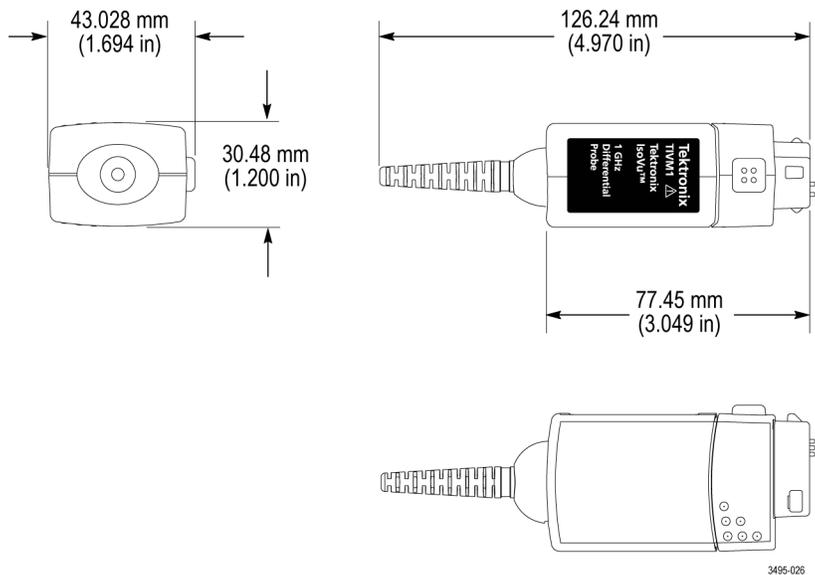


Рис. 23: Габариты компенсационного устройства.

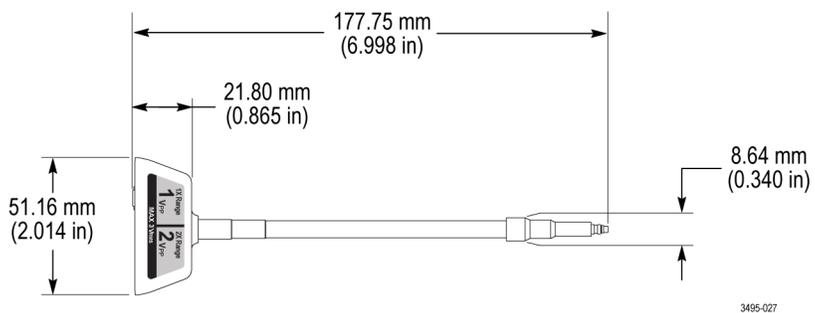


Рис. 24: Габариты адаптеров наконечников.

## Структурная схема измерительной системы IsoVu

На следующем рисунке представлена структурная схема измерительной системы IsoVu.

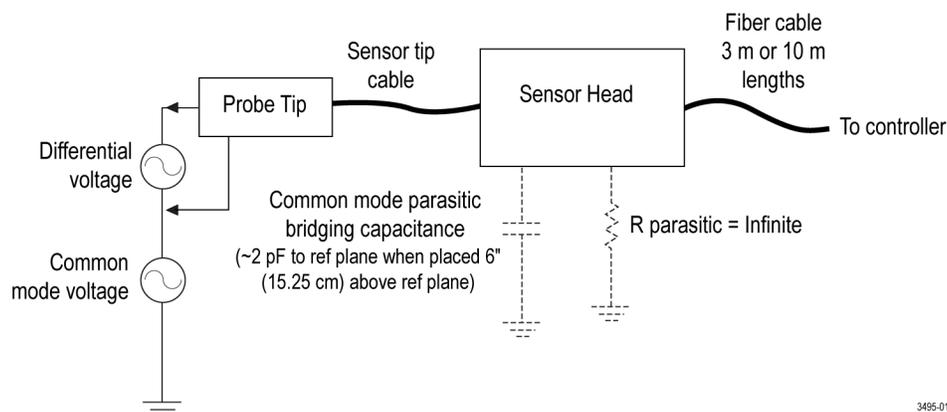


Рис. 25: Структурная схема.

На рисунке показаны сопротивление и емкость для сигнала основной частоты по отношению к «земле». (См. рис. 25.) Паразитное сопротивление для сигнала основной частоты, обозначенное как  $R_{parasitic}$ , для измерительной системы IsoVu является фактически бесконечным, поскольку система гальванически изолирована, и его можно не учитывать. Емкость входа по отношению к «земле» и соседним цепям обозначена как «Parasitic Bridging Capacitance» ( $C_{parasitic}$  — паразитная шунтирующая емкость). Эта паразитная емкость приблизительно равна 2 пФ при расположении головки датчика на расстоянии 15,25 см над плоскостью базового заземления.

Для минимизации влияния емкостной нагрузки на основной частоте сигнала следует учитывать следующее:

- Опорную точку в проверяемом устройстве следует выбирать, при возможности, со статическим потенциалом по отношению к «земле».
- Экран (общий провод) кабеля головки датчика следует подключать к точке схемы с наименьшим комплексным сопротивлением.
- Увеличение физического расстояния между головкой датчика и любой проводящей поверхностью уменьшает величину паразитной емкости.
- При использовании нескольких систем IsoVu для выполнения измерений в различных точках схемы, не имеющих общих напряжений сигнала основной частоты, следует разносить головки датчиков для минимизации емкостной связи.

## Триподы

Фирма Tektronix предлагает два вида опор, так называемых триподов, в качестве дополнительных принадлежностей для измерительной системы. Гибкий трипод служит опорой для головки датчика, подключенного к проверяемому устройству. Трипод наконечника датчика служит опорой кабелей наконечников датчиков, подключенных к адаптерам, установленным на печатной плате.

### Гибкий трипод

Трипод можно скрепить с проверяемым устройством несколькими способами. Можно зафиксировать трипод на проверяемом устройстве с помощью дополнительных ножек. Ножки можно прикрепить к проверяемому устройству и зафиксировать с помощью обычных винтов. Это позволяет установить трипод вверх ногами или лицевой стороной вверх, как показано на следующих рисунках.

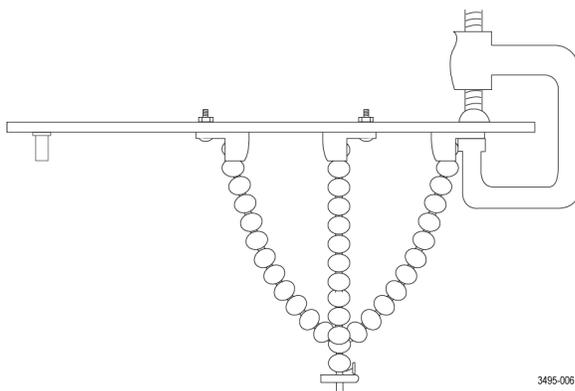


Рис. 26: Установка гибкого трипода под проверяемым устройством.

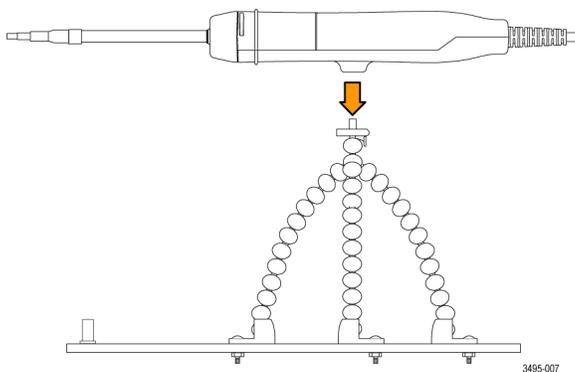


Рис. 27: Подключение головки датчика сверху проверяемого устройства с помощью трипода.

### Трипод для наконечника датчика

Трипод для наконечника датчика используют для соединения кабелей наконечников датчиков с адаптерами, установленными на печатной плате. У этого трипода имеются ножки на шарнирах, позволяющие легко зафиксировать кабель наконечника пробника над адаптером на печатной плате. Фирма Tektronix рекомендует приклеивать трипод к требуемому месту печатной платы, чтобы создать дополнительную опору для кабелей наконечников датчиков. На следующем рисунке показан пример установки адаптера и трипода на печатной плате; такой вариант позволяет уменьшить механические нагрузки в месте измерения.

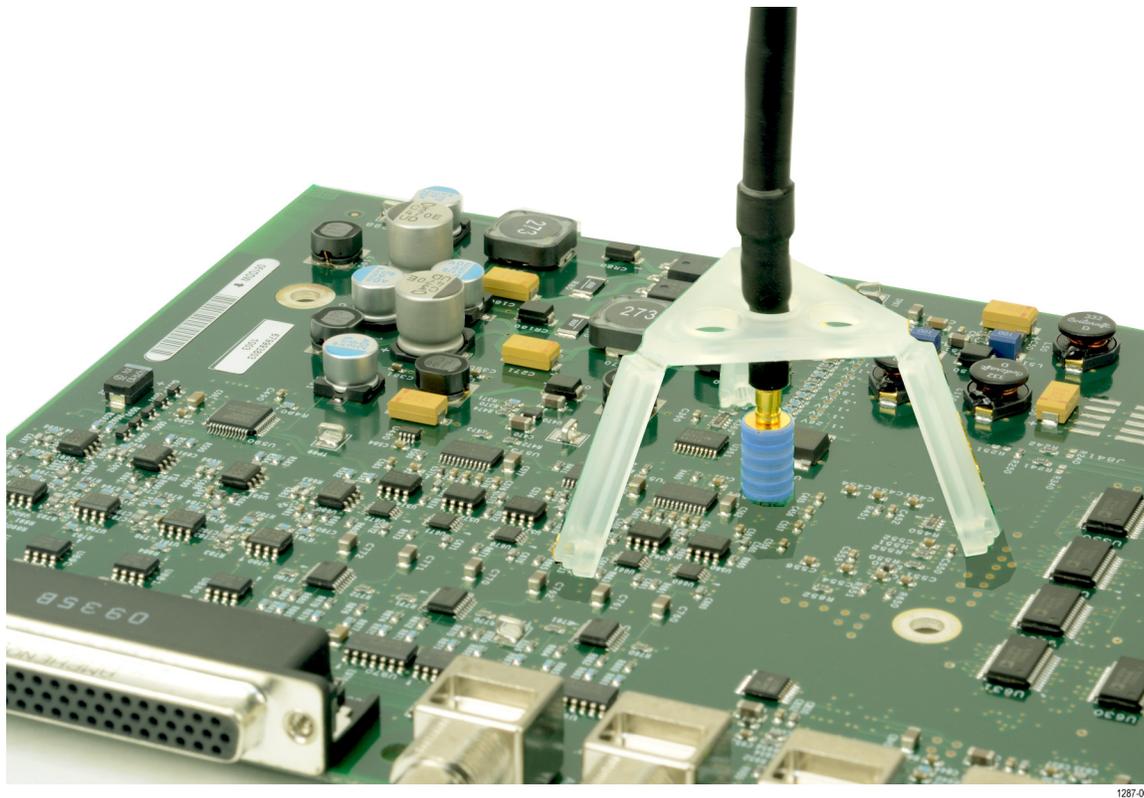


Рис. 28: Подключение адаптера к печатной плате с использованием трипода для фиксации наконечника пробника.

## Установка адаптеров наконечников пробников

Tektronix предлагает два вида адаптеров наконечников пробников для подключения кабелей наконечников датчиков к контактам на печатной плате. Адаптер ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,1" (2,54 мм) и адаптер ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,062" (1,57 мм).

На одной стороне каждого адаптера имеется розетка ММСХ для подключения кабеля наконечника IsoVu. На другом конце адаптера имеется центральное гнездо для штыревого контакта и четыре гнезда по внешней окружности для подключения общей шины (экрана). Пазы на адаптере указывают расположение гнезд для подключения экрана. Метод установки адаптеров обоих типов одинаков, основное отличие заключается в различном расстоянии между штыревыми контактами на печатной плате.

Для установки адаптеров на штыри квадратного сечения центр адаптера совмещают со штырем источника сигнала на печатной плате. С помощью пазов на адаптере совмещают гнезда экрана со штырем общей шины печатной платы. На следующих рисунках показаны примеры установки адаптеров на печатных платах.

Для получения наилучших электрических характеристик, в особенности, коэффициента ослабления сигнала основной частоты и чувствительности к электромагнитным помехам, рекомендуется размещать адаптер наконечника пробника как можно ближе к печатной плате.

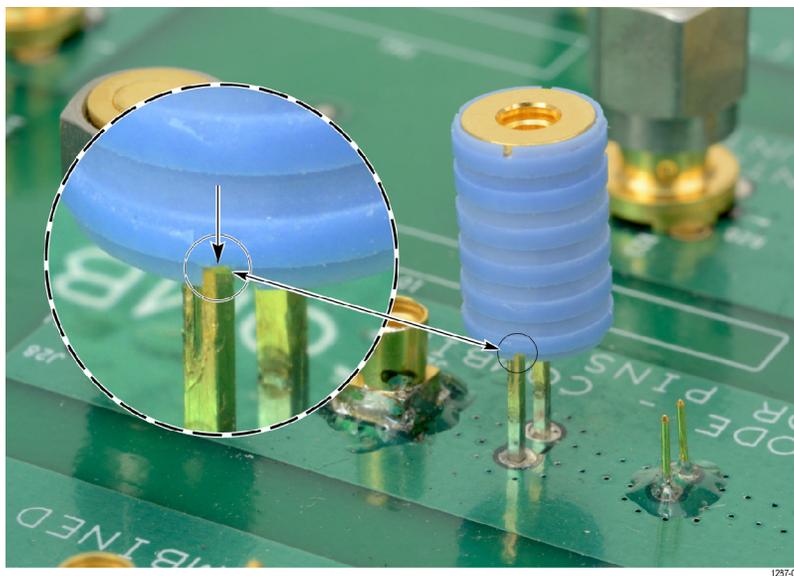


Рис. 29: Совмещение адаптера ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,1" (2,54 мм) с контактами на печатной плате.

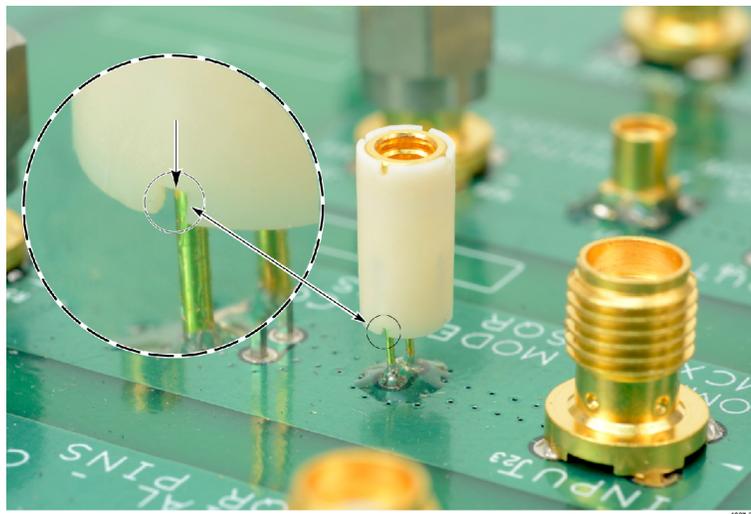


Рис. 30: Совмещение адаптера MMCX — штыревые контакты с шагом 0,062" (1,57 мм) с контактами на печатной плате.

После совмещения адаптера со штырями осторожно нажимают на адаптер для установки его в рабочее положение на печатной плате.

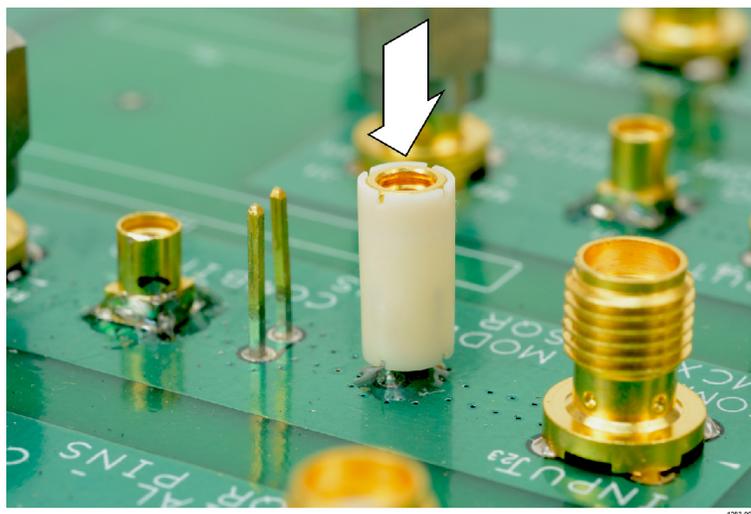
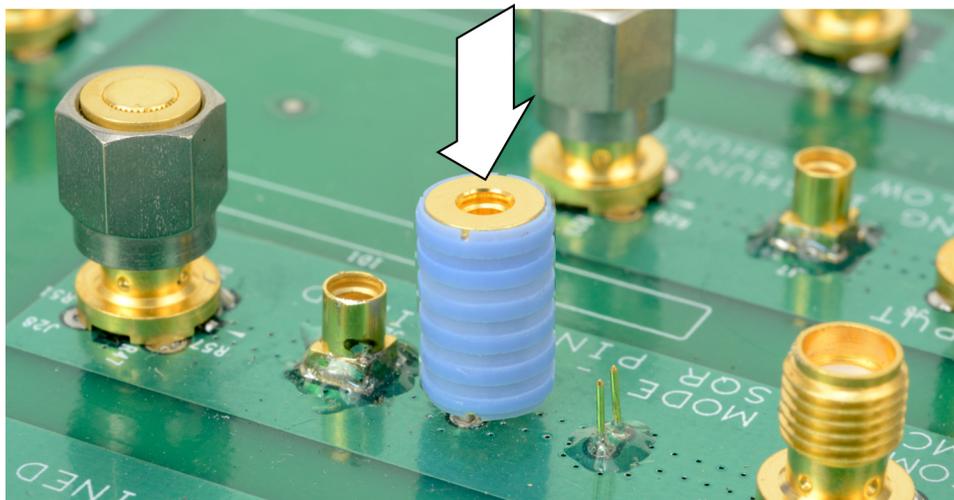


Рис. 31: Установка адаптера MMCX — штыревые контакты с шагом 0,062" (1,57 мм) в рабочее положение.



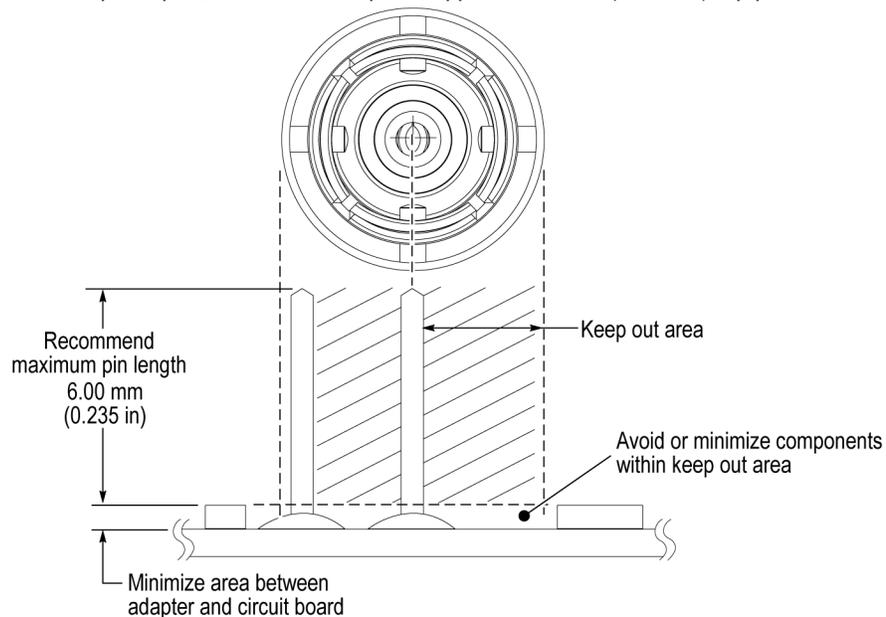
**Рис. 32: Установка адаптера MMCX — штыревые контакты с шагом 0,1" (2,54 мм) в рабочее положение.**

После установки адаптеров на печатной плате в рабочее положение подключают кабель наконечника датчика, используя трипод наконечника пробника для уменьшения нагрузок на кабель наконечника пробника и на адаптер (См. рис. 28 на странице 41.)

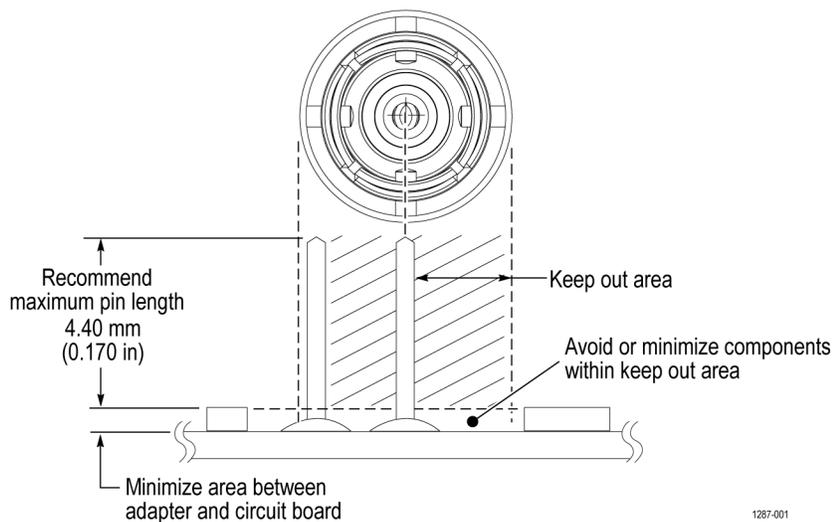
## Монтаж штыревых контактов квадратного сечения на печатной плате

На следующих рисунках указаны рекомендуемые зазоры при установке адаптеров на штыревые контакты квадратного сечения на печатной плате. Вид адаптеров снизу на рисунках показан на размещенных сверху видах.

*Probe Tip Adapter, MMCX to 0.1" pitch sq pin 0.635 mm (0.025 in) sq. pins*



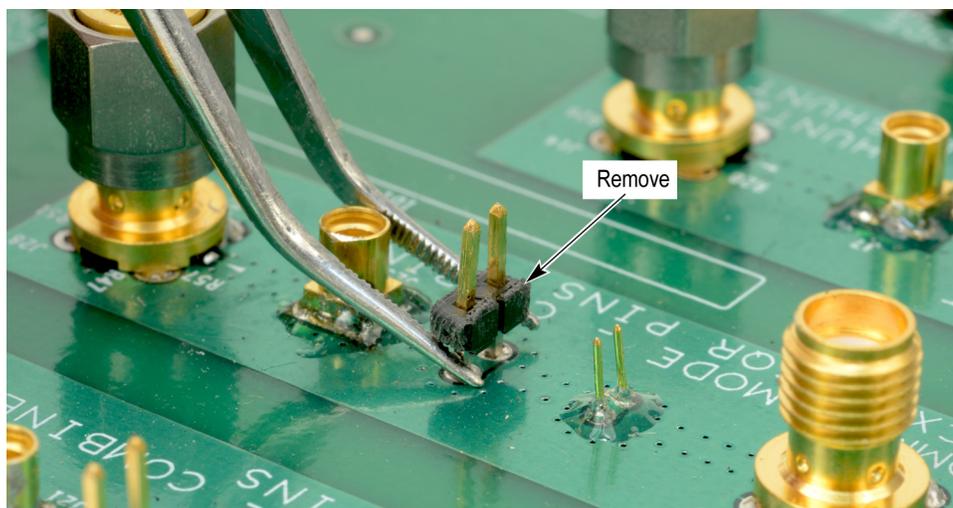
*Probe Tip Adapter, MMCX to 0.062 in pitch sq pin 0.406 mm (0.016 in) sq. pins*



1287-001

Рис. 33: Требования к зазорам при установке адаптера.

Штыревые контакты квадратного сечения 0,025" (0,635 мм) должны быть установлены на печатной плате. Некоторые квадратные штыревые контакты на печатной плате могут иметь держатели. Tektronix рекомендует удалять пластмассовые держатели с квадратных штыревых контактов для более плотной посадки адаптера на печатную плату и достижения лучших электрических характеристик, особенно, коэффициента ослабления сигнала основной частоты, как показано на следующем рисунке. Для этого может потребоваться использовать пинцет, как показано на рисунке.



1287-002

Рис. 34: Удаление держателя с контактов квадратного сечения на печатной плате.

Tektronix предлагает комплект монтируемых с помощью пайки штырей (диаметром 0,018" — 0,46 мм) для установки на печатной плате и использования с адаптером ММСХ — штыревые контакты с шагом 0,062" (1,57 мм). Для монтажа этих штырей на печатной плате следует использовать дополнительный инструмент — вспомогательное приспособление для пайки (Номер по каталогу Tektronix 003-1946-xx).

---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Монтируемые с помощью пайки штыри весьма малы по размеру, поэтому обращаться с ними непросто. Tektronix рекомендует использовать пинцет и увеличительное стекло при монтаже этих штырей на печатной плате.

Штыревые контакты могут быть установлены вокруг компонента поверхностного монтажа на печатной плате с помощью пайки. Для обеспечения надлежащего электрического контакта с адаптером следует предусмотреть достаточные зазоры до ближайших компонентов (См. рис. 33 на странице 45.)

---

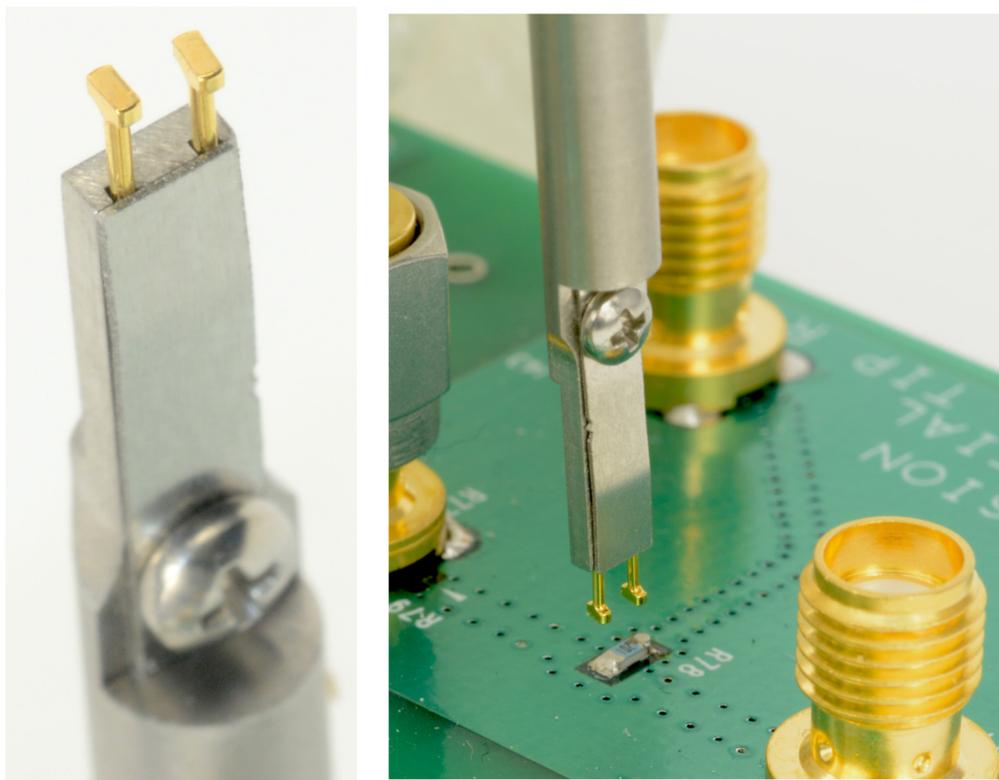
---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Для точной передачи сигнала коаксиальный экран (общий провод) кабеля наконечника и адаптеров датчика следует всегда подключать к точке с наименьшим комплексным сопротивлением проверяемого устройства (по отношению к центральному проводнику кабеля наконечника датчика), обычно к общему проводу или к шине источника электропитания.

---

Для монтажа штыревых контактов на печатной плате с помощью пайки с использованием вспомогательного приспособления выполняют следующие действия:

1. Аккуратно вставляют штыревые контакты во вспомогательное приспособление, как показано на следующей иллюстрации.



**Рис. 35: Использование вспомогательного приспособления для установки штырей квадратного сечения на печатной плате.**

2. Приспособление используется для фиксации квадратных штырей при монтаже на печатной плате во время пайки.
3. Для усиления соединения штырей с печатной платой при необходимости можно использовать небольшое количество клея. Однако, для сохранения хорошего электрического контакта с адаптером клей следует наносить на минимальную высоту штырей (См. рис. 33.)

# Обслуживание пользователей

## Предложения по обслуживанию

Корпорация Tektronix предлагает услуги по гарантийному ремонту и другие услуги, разработанные для удовлетворения специальных потребностей клиентов.

Технические специалисты корпорации Tektronix, выполняющие гарантийный ремонт и предоставляющие иные перечисленные ниже услуги, имеют все необходимое для работы с измерительными системами IsoVu. Услуги предоставляются в центрах технического обслуживания Tektronix и непосредственно у заказчика, в зависимости от его расположения.

### Услуги по гарантийному ремонту

Корпорация Tektronix предоставляет услуги по гарантийному обслуживанию в соответствии с гарантийными обязательствами, изложенными в начале настоящего документа. Технические специалисты корпорации Tektronix предоставляют услуги по гарантийному обслуживанию в большинстве центров технического обслуживания Tektronix по всему миру. Информация о расположении центров технического обслуживания по всему миру представлена на веб-сайте корпорации Tektronix.

### Услуги по калибровке и ремонту

Кроме услуг по гарантийному обслуживанию в центрах технического обслуживания корпорации Tektronix предлагают услуги по калибровке и другие услуги для экономически эффективного решения производственных задач заказчиков и обеспечения соответствия требованиям стандартов качества. Предоставление наиболее качественного обслуживания приборов Tektronix по всему миру обеспечено их передовой конструкцией, изготовлением и возможностями корпорации Tektronix.

## Профилактическое обслуживание



**ОСТОРОЖНО.** Во избежание повреждения измерительной системы не подвергайте его воздействию аэрозолей, жидкостей или растворителей. Избегайте проникновения влаги внутрь контроллера или головки датчика при чистке их поверхностей.

Чистка наружных поверхностей выполняется сухой тканью, не оставляющей волокон, или мягкой щеткой. Оставшиеся загрязнения можно удалить мягкой тканью или щеткой, смоченной в 75-процентном растворе изопропилового спирта. Не используйте раствора больше, чем требуется для смачивания ткани или щетки. Не используйте для чистки какой-либо части прибора абразивные вещества.

## Процедуры проверки технических параметров

Для проверки рабочих характеристик измерительной системы IsoVu следует выполнить следующую процедуру. До начала выполнения процедуры сделайте копию протокола испытаний и используйте ее для записи результатов испытаний (См. стр. 58, *Протокол испытаний*.)

**Необходимое оборудование**      Необходимое для выполнения процедуры проверки рабочих характеристик оборудование перечислено в следующей таблице.

Таблица 11: Оборудование, необходимое для проверки рабочих характеристик.

Описание	Минимальные требования	Пример оборудования
Осциллограф с интерфейсом TekVPI	полоса $\geq 1$ ГГц, входное сопротивление 50 Ом, полностью совместимый с интерфейсом TekVPI	Tektronix MDO4104C
Генератор импульсов	$1 V_{\text{размах}}$ , $< 1$ нс восходящий фронт	Tektronix Tek-DPG
Кабель наконечника датчика 1X серии TIVM	В соответствии с описанием	Tektronix IVTIP1X
Адаптер MMCX (розетка) — BNC (розетка)	В соответствии с описанием	Серийное изделие компании Fairview Microwave: адаптер SM3610

**Подготовка**      Выполните следующие действия для подготовки оборудования:

1. Включите осциллограф с интерфейсом TekVPI.
2. Подключите генератор импульсов Tek-DPG Deskew к каналу 2 осциллографа с интерфейсом TekVPI.
3. Дайте измерительному оборудованию прогреться в течение 20 минут при температуре окружающей среды от 20 до 30 °C.

## Задержка распространения

С помощью этой процедуры проверяют работоспособность измерительной системы IsoVu серии TIVM и соответствие фактического значения задержки распространения гарантированной величине. Измерение задержки распространения начинается с подачи сигнала с выхода генератора импульсов на вход осциллографа и сохранения зарегистрированного сигнала для последующего использования в качестве опорного. Затем измерительную систему подключают к осциллографу, а выход генератора импульсов — ко входу измерительной системы. Измеряют задержку между сохраненным опорным сигналом и регистрируемым сигналом, поступающим из измерительной системы.

---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Эта процедура применима ко всем исполнениям измерительных систем IsoVu серии TIVM.

---

### Создание опорного сигнала

Для создания опорного сигнала выполните следующие действия:

1. Подключите кабель выходного соединителя BNC генератора импульсов Tek-DPG Deskew к каналу 1 осциллографа с интерфейсом TekVPI.
2. Включите канал 2 и установите следующие значения настроек:
  - Масштаб по вертикали: **500 мВ/дел.**
  - Положение по вертикали: -3 деления
  - Установите величину сопротивления: **1 МОм,**
  - Тип входа: **открытый**
  - Полоса пропускания: **FULL (Полная)**
  - Фазовый сдвиг: **0 секунд**
3. В меню «Trigger» (Запуск) задайте следующие значения настроек:
  - Тип: **Фронт**
  - Источник: **CH2 (канал 2)**
  - Направление изменения: **Отрицательное**
  - Уровень: **+1,50 В**
  - Тип входа: **открытый**
4. Для канала 1 установите следующие значения настроек:
  - Масштаб по вертикали: **200 мВ/дел.**
  - Тип входа: **открытый**
  - Сопротивление: **50 Ом**

- Полоса пропускания: **FULL (Полная)**
  - Положение: **0** (по центру)
  - Смещение: **-500 мВ**
  - Фазовый сдвиг: **0** секунд
5. В меню настроек по горизонтали задайте следующие значения:
- Масштаб по горизонтали — **10 нс/дел.**
  - Положение по горизонтали: **40 нс**
  - Сбор данных: **Average 128 (Усреднение по 128 отсчетам)**
6. В устройстве Tek-DPG задайте следующие настройки:
- **Режим от 0 до -1 1 кГц (Режим 1)**
  - Включение выхода: **ON (Включен)**
7. Осциллограмма сигнала канала 1 отобразится примерно в середине экрана дисплея осциллографа. Если изображение оказалось не в центре экрана по вертикали, отрегулируйте положение осциллограммы по вертикали.
8. Для сохранения сигнала из канала 1 в качестве опорного выполните следующие действия:
- Нажмите кнопку **MENU** (Меню) осциллографа.
  - Выберите **Save Waveform** (Сохранить осциллограмму).
  - Источник: **CH1** (канал 1).
  - Назначение: **R1**.
  - Для сохранения сигнала из канала 1 в качестве опорного сигнала R1 выберите **OK Save** (Да, сохранить). Осциллограф отобразит новый опорный сигнал.
9. Выключите выходной сигнал генератора Tek-DPG.
10. Отключите кабель выходного соединителя BNC генератора импульсов Tek-DPG Deskew от канала 1 осциллографа с интерфейсом TekVPI.

### Создание сигнала с помощью системы серии TIVM

Для создания сигнала с помощью системы серии TIVM выполните следующие действия:

1. Подключите компенсационное устройство измерительной системы серии TIVM к каналу 1 осциллографа с интерфейсом TekVPI.
2. Присоедините выход кабеля наконечника датчика IVTIP1X ко входу измерительной системы серии TIVM (зафиксируйте соединитель SMA кабеля на головке датчика и подсоедините носовой конус).

3. Дайте измерительной системе прогреться в течение 20 минут при температуре окружающей среды от 20 до 30 °С.
4. Подключите соединитель адаптера MMCX (розетка) — соединитель BNC (розетка) к кабельному соединителю BNC генератора Tek-DPG.
5. В меню настроек измерительной системы серии TIVM задайте следующие значения:
  - Диапазон: **2X**
  - CLAMPING (ОГРАНИЧЕНИЕ): **Off (Выкл)**
  - Нажмите кнопку «SELF CAL» (Автокалибровка) для выполнения автокалибровки (дождитесь непрерывного зеленого свечения индикатора состояния «SELF CAL»).
6. Установите масштаб по вертикали канала 1 осциллографа 200 мВ/дел.
7. Подключите кабель наконечника датчика IVTIP1X к адаптеру MMCX (розетка) — соединитель BNC (розетка).
8. Включите выходной сигнал генератора Tek-DPG.
9. Осциллограмма сигнала канала 1 должна появиться на дисплее осциллографа приблизительно в центре экрана по вертикали. Если изображение оказалось не в центре экрана по вертикали, используйте ТОЛЬКО настройки по вертикали для регулировки положения осциллограммы на дисплее.

### Измерение задержки распространения сигнала

Для измерения и записи значения задержки распространения сигнала выполните следующие действия:

1. Установите следующие значения настройки задержки осциллографа:
  - a. Выберите пункт **Measure** (Измерение).
  - b. Выберите пункт **Add Measurement** (Добавить измерение).
  - c. Выберите тип измерения: **Delay** (Задержка).
  - d. Выберите конфигурацию: **Delay** (Задержка).
  - e. В поле «Source» (Источник) выберите значение **R1**.
  - f. В поле «Delay To» (Задержка в) выберите значение **CH1** (канал 1).
  - g. Выберите пункт **OK Add Measurement** (Да, добавить измерение).
2. Изображение на экране осциллографа должно примерно соответствовать показанному на следующем рисунке.



Рис. 36: Измерение задержки распространения.

Запишите результат измерения задержки в протокол испытаний.

3. Выключите выходной сигнал генератора Tek-DPG.

## Условия возникновения ошибок и устранение неполадок

В приведенной ниже таблице перечислены неисправности, с которыми можно столкнуться при выполнении измерений с помощью измерительной системы IsoVu серии TIVM. Используйте эту таблицу как краткий справочник перед тем, как обратиться в корпорацию Tektronix за помощью.

Таблица 12: Неполадки и возможные способы устранения.

Неисправность	Рекомендация
Измерительная система не включается; не горит ни один индикатор.	Убедитесь в том, что компенсационное устройство надежно подключено к осциллографу. Отсоедините и вновь подключите компенсационное устройство (при необходимости — к другому каналу осциллографа). Если состояние неисправности повторяется, прибор необходимо вернуть в сервисный центр Tektronix для проведения технического обслуживания.
Индикатор «STATUS» (СОСТОЯНИЕ) контроллера мигает зеленым.	Отсоедините и вновь подключите компенсационное устройство (при необходимости — к другому каналу осциллографа). Не пытайтесь вставить компенсационное устройство в осциллограф под углом; осуществляйте подключение с достаточным усилием в горизонтальном направлении. Если состояние неисправности повторяется, прибор необходимо вернуть в сервисный центр Tektronix для проведения технического обслуживания.

Таблица 12: Неполадки и возможные способы устранения. (прод.)

Неисправность	Рекомендация
Индикатор «STATUS» (СОСТОЯНИЕ) контроллера мигает красным и желтым.	Этот сигнал указывает на отказ измерительной системы. Чаще всего, неисправности возникают при первом подключении измерительной системы к осциллографу (при выполнении самопроверки при подаче питания). Отсоедините и вновь присоедините компенсационное устройство к осциллографу. Если состояние неисправности повторяется, прибор необходимо вернуть в сервисный центр Tektronix для проведения технического обслуживания.
Индикатор «SELF CAL STATUS» (СОСТОЯНИЕ САМОКАЛИБРОВКИ) контроллера непрерывно красный после нажатия кнопки «SELF CAL» (САМОКАЛИБРОВКА) (процесс не завершается).	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Отключите входной сигнал (дифференциальное напряжение должно быть 0,0 В).</li> <li>■ Дайте системе прогреться в течение 20 минут.</li> <li>■ Убедитесь в отсутствии динамических механических или термических нагрузок на оптический кабель.</li> <li>■ Если самокалибровка не завершается в течение минуты, отключите и вновь присоедините компенсационное устройство к осциллографу и повторите попытку.</li> </ul>
Искажение формы сигнала от проверяемого устройства при частоте сигнала менее 5 Гц или кратной 43,5 Гц.	Выключите коррекцию смещения. Ознакомьтесь с разделом <i>Коррекция смещения</i> в предшествующей части настоящего руководства (См. стр. 15.)
Выходной сигнал ограничивается или искажается.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Убедитесь в том, что режим ограничения на выходе отключен.</li> <li>■ Убедитесь в том, что для выполнения измерения используется надлежащий кабель наконечника датчика. Ознакомьтесь с разделом <i>Выбор кабеля наконечника датчика</i> в предшествующей части настоящего руководства (См. стр. 19.)</li> <li>■ Отрегулируйте смещение на входе таким образом, чтобы осциллограмма сигнала располагалась в центре экрана.</li> <li>■ Убедитесь в том, что диапазон выбран правильно (1X или 2X).</li> </ul>
Частотные искажения вызывают скругление фронта.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Проверьте установленную в настройках осциллографа ширину полосы пропускания.</li> <li>■ Проверьте целостность кабеля наконечника датчика и входное сопротивление головки датчика (см. ниже).</li> </ul>
Выходной сигнал нестабилен (низкочастотный шум и/или постоянно меняется смещение по постоянному току).	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Убедитесь в отсутствии динамических механических и термических нагрузок на оптический кабель.</li> <li>■ Убедитесь в том, что режим коррекции смещения включен (отсоедините и вновь подключите компенсационное устройство чтобы убедиться, что компенсация по-прежнему включена).</li> </ul>
Измерения неточны.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Запустите выполнение функции «SELF CAL» (Самокалибровка).</li> <li>■ Убедитесь в том, что для выполнения измерения используется надлежащий кабель наконечника датчика. Ознакомьтесь с разделом <i>Выбор кабеля наконечника датчика</i> в предшествующей части настоящего руководства (См. стр. 19.)</li> <li>■ Убедитесь в том, что диапазон выбран правильно (1X или 2X).</li> <li>■ Убедитесь в том, что осциллограмма сигнала отображается на экране.</li> </ul>

Таблица 12: Неполадки и возможные способы устранения. (прод.)

Неисправность	Рекомендация												
Не удается достичь требуемого значения коэффициента ослабления сигнала основной частоты.	Попробуйте использовать другой кабель наконечника датчика.												
Чрезмерный уровень шума не позволяет точно различить сигнал.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Установите диапазон 1X системы.</li> <li>■ Используйте кабель наконечника датчика с меньшим затуханием.</li> </ul>												
Сигнал не обнаруживается; осциллограмма представляет собой прямую линию.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Проверьте целостность кабеля наконечника датчика: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Кабель наконечника датчика</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Сопротивление</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X</td> <td><math>\leq 0,2 \text{ Ом}</math></td> </tr> <tr> <td>IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X</td> <td><math>200 \text{ Ом} \pm 2 \%</math></td> </tr> <tr> <td>IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X</td> <td><math>453 \text{ Ом} \pm 2 \%</math></td> </tr> <tr> <td>IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X</td> <td><math>1,21 \text{ кОм} \pm 2 \%</math></td> </tr> <tr> <td>IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X</td> <td><math>2,49 \text{ кОм} \pm 2 \%</math></td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>■ Измерьте входное сопротивление соединителя SMA головки датчика 4-проводным методом; измеренное значение должно находиться в интервале между 47,5 Ом и 52,5 Ом. Несоблюдение этого условия означает, что головка датчика повреждена и подлежит возврату в корпорацию Tektronix для ремонта.</li> <li>■ Проверьте, не отображает ли индикатор «STATUS» (СОСТОЯНИЕ) состояние ошибки.</li> <li>■ Подайте испытательный сигнал непосредственно на входной соединитель SMA головки датчика для того, чтобы определить, является ли причиной неисправности кабеля наконечника датчика или неисправность головки датчика.</li> </ul>	<i>Кабель наконечника датчика</i>	<i>Сопротивление</i>	IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	$\leq 0,2 \text{ Ом}$	IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	$200 \text{ Ом} \pm 2 \%$	IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	$453 \text{ Ом} \pm 2 \%$	IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	$1,21 \text{ кОм} \pm 2 \%$	IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	$2,49 \text{ кОм} \pm 2 \%$
<i>Кабель наконечника датчика</i>	<i>Сопротивление</i>												
IVTIP1X — Кабель наконечника датчика 1X	$\leq 0,2 \text{ Ом}$												
IVTIP5X — Кабель наконечника датчика 5X	$200 \text{ Ом} \pm 2 \%$												
IVTIP10X — Кабель наконечника датчика 10X	$453 \text{ Ом} \pm 2 \%$												
IVTIP25X — Кабель наконечника датчика 25X	$1,21 \text{ кОм} \pm 2 \%$												
IVTIP50X — Кабель наконечника датчика 50X	$2,49 \text{ кОм} \pm 2 \%$												
Большое смещение сигнала по постоянному току.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Запустите выполнение функции «SELF CAL» (Самокалибровка).</li> <li>■ Запустите функцию «AutoZero» (Автообнуление).</li> <li>■ Установите смещение на входе равным 0,0 В.</li> </ul>												
Невозможно выбрать между диапазонами 1X и 2X (осциллографы серий 5000/7000/70000).	Когда режим «Auto Range» (Автоматический выбор диапазона) включен, диапазон выбирается автоматически в зависимости от изменения масштаба в В/дел. Непосредственно изменить диапазон невозможно (кажется, что кнопка не работает).												
Ошибка настройки компенсации искажений пробника (осциллографы серий 7000/70000)	Это нормальное состояние. Неисправность можно игнорировать.												

## Повторная упаковка измерительной системы для отправки

При необходимости вернуть измерительную систему в корпорацию Tektronix для ремонта используйте оригинальную упаковку. Если упаковочная тара отсутствует или непригодна для использования, обратитесь в региональное представительство корпорации Tektronix за получением новой упаковки.

При возврате измерительной системы в корпорацию Tektronix снабдите упаковку ярлыком со следующими данными:

- Имя собственника изделия;
- Адрес собственника изделия;
- Серийный номер прибора;
- Описание обнаруженной неисправности и/или требуемого технического обслуживания.

## Протокол испытаний

Сделайте копию протокола испытаний для записи результатов проверки рабочих характеристик.

Таблица 13: Протокол испытаний.

Номер модели:

Номер сертификата:

Серийный номер:

Относительная влажность, %:

Температура:

Оператор:

Дата калибровки:

Задержка распространения	Минимум	Входное значение	Выходное значение	Максимум
TIVM1 (оптическое волокно длиной 3 м)	30 нс			40 нс
TIVM1L (оптическое волокно длиной 10 м)	61 нс			75 нс
TIVM02 (оптическое волокно длиной 3 м)	30 нс			40 нс
TIVM02L (оптическое волокно длиной 10 м)	61 нс			75 нс
TIVM05 (оптическое волокно длиной 3 м)	30 нс			40 нс
TIVM05L (оптическое волокно длиной 10 м)	61 нс			75 нс

## Приложение А: Дистанционное программирование

Настоящее приложение содержит описание команд и запросов, которые можно направлять головке датчика, подключенной к осциллографу Tektronix. Длинная форма ключевых слов обозначена заглавными, а краткая — строчными буквами. Команды и запросы поддерживаются в большинстве осциллографов; различия для разных моделей осциллографов при их наличии указаны в описании команд.

Для получения сведений о синтаксисе команд обращайтесь к руководству программиста для конкретной модели осциллографа.

### CH<n>:PRObe?

Возвращает информацию о пробнике канала <n>. Только запрос.

### CH<n>:PRObe:AUTOZero EXECute

Эта команда инициирует выполнение функции «AutoZero» (Автообнуление). Операция выполняется сначала измерительной системой, а затем — осциллографом. Только команда.

Конфигурация системы может быть настроена (специальными командами) для выполнения полного цикла автокалибровки перед выполнением функции «AutoZero» (Автообнуление).

Обратитесь к процедуре автокалибровки для получения информации о выполнении этой процедуры (См. стр. 13, *Автокалибровка*.)

### CH<n>:PRObe:COMMAND “CLAMP”, {“ON” | “OFF”}

Поддерживается только в осциллографах серий 3000/4000.

Команда разрешает или запрещает работу схемы ограничения. Значения заключенных в кавычки параметров зависят от регистра и должны быть написаны заглавными буквами.

CH<n>:PRObe:COMMAND? “CLAMP”. По этому запросу возвращаются значения “ON” (ВКЛ.) или “OFF” (ВЫКЛ.).

### CH<n>:PRObe:SET {“CLAMP ON” | “CLAMP OFF”}

Поддерживается только в осциллографах серий 5000/7000/70000.

Команда разрешает или запрещает работу схемы ограничения. Значения заключенных в кавычки параметров зависят от регистра.

CH<n>:PRObe:SET?. По этому запросу возвращаются значения “CLAMP ON” (ОГРАНИЧЕНИЕ ВКЛ.) или “OFF” (ОГРАНИЧЕНИЕ ВЫКЛ.), заключенные в кавычки. Регистр совпадает с регистром полученной команды.

## CH<n>:PRObe:FORCEDRange <NR3>

По этой команде выбирается динамический диапазон напряжения для наконечника датчика  $V_{\text{размах}}$ , он зависит от подключенного кабеля наконечника датчика.

В следующей таблице приводится перечень кабелей наконечников датчиков и соответствующие им значения динамического диапазона.

Таблица 14: Динамический диапазон кабелей наконечников датчиков.

Кабель наконечника датчика	Диапазон напряжения $V_{\text{размах}}$
1X	1,0 или 2,0
5X	5,0 или 10,0
10X	10,0 или 20,0
25X	25,0 или 50,0
50X	50,0 или 100,0

CH<n>:PRObe:FORCEDRange? По этому запросу возвращается динамический диапазон напряжения для наконечника датчика  $V_{\text{размах}}$ .

## CH<n>:PRObe:GAIN?

Возвращается коэффициент усиления наконечника датчика (величина, обратная затуханию). Зависит от подключенного кабеля наконечника датчика. Только запрос.

## CH<n>:PRObe:ID {:SERnumber | :TYPE}?

Только запрос. При отправке запроса PRObe:ID? возвращается строка с типом наконечника датчика, сопровождаемая строкой с серийным номером.

При отправке запроса PRObe:SERnumber? возвращается строка с серийным номером.

При отправке запроса PRObe:TYPE? возвращается одна из следующих строк с типом наконечника датчика (обратите внимание на пробелы в конце возвращаемой строки):

- “TIVM1 ”(1GHZ, 3m)
- “TIVM1L ”(1GHZ, 10m)
- “TIVM05 ”(500MHZ, 3m)
- “TIVM05L”(500MHZ, 10m)
- “TIVM02 ”(200MHZ, 3m)
- “TIVM02L”(200MHZ, 10m)

## CH<n>:PRObe:PROPDElay?

Поддерживается только в осциллографах серий 3000/4000.

Возвращается величина задержки распространения (в секундах). Только запрос.

## CH<n>:PRObe:RECDESkew?

Поддерживается только в осциллографах серий 3000/4000.

Возвращается рекомендуемое значение компенсации сдвига фазы (в секундах). Только запрос.

## CH<n>:PRObe:RESistance?

Возвращается величина входного сопротивления (в омах). Зависит от подключенного кабеля наконечника датчика. Только запрос.

## CH<n>:PRObe:UNIts?

Возвращается название единиц измерения наконечника датчика (всегда “v”). Только запрос.

## CH<n>:PROBEControl {AUTO | MAN}

Поддерживается только в осциллографах серий 5000/7000/70000.

По этой команде устанавливается ручной или автоматический режим выбора диапазона наконечника датчика.

CH<n>:PROBE:PROBEControl?. По запросу возвращаются ключевые слова «AUTO» (АВТО) или «MANUAL» (РУЧНОЙ).

## CH<n>:PROBEFunc:EXTAtten <NR3>

Поддерживается только в осциллографах серий 5000/7000/70000.

По этой команде устанавливается заданный пользователем внешний коэффициент затухания.

CH<n>:PROBEFunc:EXTAtten?. По запросу возвращается значение внешнего коэффициента затухания.

## CH<n>:PROBEFunc:EXTDBatten?

Поддерживается только в осциллографах серий 5000/7000/70000.

По запросу возвращается значение внешнего коэффициента затухания в децибелах. Только запрос.

## CH<n>:PROBEFunc:EXTUnits {"UU" | "None"}

Поддерживается только в осциллографах серий 5000/7000/70000.

По этой команде устанавливаются заданные пользователем единицы измерения. Осциллограф отображает только два символа. Ввод значения «None» вызывает сброс единиц измерения к устанавливаемым по умолчанию.

CH<n>:PROBEFunc:EXTUnits?. По запросу возвращается значение "v", если иное значение не было предварительно введено пользователем.

## Приложение В: Информация о соответствии

В настоящем разделе приводятся стандарты безопасности и охраны окружающей среды, требованиям которых соответствует данный прибор.

### Соответствие требованиям техники безопасности

В этом разделе перечислены стандарты безопасности, которым соответствует прибор, а также приводится другая информация по безопасности.

#### Технический регламент безопасности низковольтного оборудования

Проверено на соответствие следующим стандартам (Official Journal of the European Union):

Директива 2014/35/ЕС по низковольтному оборудованию и системам «Low Voltage Directive 2014/35/EU».

- EN 61010-1. Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1: Общие требования.
- EN 61010-031. Требования безопасности к портативным измерительным щупам для электрических измерений и испытаний (применимы частично).

#### Перечень общенациональных испытательных лабораторий США

- UL 61010-1. Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения, часть 1: Общие требования.
- UL 61010-031. Требования безопасности к портативным измерительным щупам для электрических измерений и испытаний (применимы частично).

#### Действующие в Канаде сертификаты:

- CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1. Требования по безопасности контрольно-измерительного и лабораторного электрооборудования, часть 1: Общие требования.
- CAN/CSA-C22.2, № 61010-031. Требования безопасности к портативным измерительным щупам для электрических измерений и испытаний (применимы частично).

#### Дополнительно соответствует требованиям стандартов

- IEC 61010-1. Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения, часть 1: Общие требования.
- UL 61010-031. Требования безопасности к портативным измерительным щупам для электрических измерений и испытаний (применимы частично).
- EN 60825-1. Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1: Классификация оборудования и требования — изд. 2, 2007.

- US 21CFR PT1010 Стандарт технических характеристик для электронных компонентов, 2015.
- US 21CFR PT1040 Стандарт технических характеристик для светоизлучающих изделий, 2015.

<b>Тип оборудования</b>	Испытательное и измерительное оборудование.
<b>Описание степеней загрязнения</b>	<p>Степень загрязнения, возможного вблизи прибора и внутри него. Обычно считается, что параметры среды внутри прибора те же, что и снаружи. Прибор должен использоваться только в среде, параметры которой подходят для его эксплуатации.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Степень загрязнения 1. Загрязнения отсутствуют или являются сухими и непроводящими. Приборы данной категории обычно заключены в герметичную оболочку или устанавливаются в чистых помещениях.</li><li>■ Степень загрязнения 2. Обычно присутствует только сухое непроводящее загрязнение. Иногда может наблюдаться временная проводимость, вызванная конденсацией. Такие условия типичны для жилых и рабочих помещений. Временная конденсация наблюдается только в тех случаях, когда прибор не работает.</li><li>■ Степень загрязнения 3. Токопроводящее загрязнение или сухое непроводящее загрязнение, которое может стать токопроводящим ввиду ожидаемой конденсации. Это характерно для закрытых помещений, в которых не ведется контроль температуры и влажности. Место защищено от прямых солнечных лучей, дождя и ветра.</li><li>■ Степень загрязнения 4. Загрязнения, обладающие постоянной проводимостью (проводящая пыль, вода или снег). Типичные условия вне помещения.</li></ul>
<b>Степень загрязнения</b>	Степень загрязнения 2 (согласно стандарту IEC 61010-1). Рассчитано на использование исключительно в сухих помещениях.
<b>Степень защиты IP</b>	IP20 (в соответствии со стандартом IEC 60529).

**Описание категорий измерения и перенапряжения**

Измерительные клеммы данного прибора могут использоваться для измерения сетевого напряжения одной или нескольких из перечисленных ниже категорий (см. номинальные значения, указанные на приборе и в руководстве).

- Категория I. Цепи, не подключенные непосредственно к источнику электроснабжения.
- Категория II. Цепи, подключенные непосредственно к сети зданий в точках подключения (розетки и т. п.).
- Категория III. В разводке и распределительных системах зданий.
- Категория IV. У источников электроснабжения зданий.

---

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Категорию измерения имеют только измерительные цепи. Другие цепи прибора не имеют категорий.

---

## Охрана окружающей среды

В этом разделе содержатся сведения о влиянии прибора на окружающую среду.

**Утилизация прибора по окончании срока службы**

При утилизации прибора и его компонентов необходимо соблюдать приведенные ниже правила.

**Утилизация оборудования.** При изготовлении этого прибора использованы материалы природного происхождения. Прибор может содержать вещества, опасные для окружающей среды и здоровья людей в случае его неправильной утилизации по окончании срока службы. Во избежание попадания подобных веществ в окружающую среду и для сокращения расхода природных ресурсов рекомендуется утилизировать данный прибор таким образом, чтобы обеспечить максимально полное повторное использование материалов.



Этот символ означает, что данный прибор соответствует требованиям Европейского союза, приведенным в директивах 2012/19/EU и 2006/66/EC об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE) и элементов питания. Информация о возможных способах утилизации приведена на веб-сайте корпорации Tektronix ([www.tek.com/productrecycling](http://www.tek.com/productrecycling)).



# Предметный указатель

## А

- автокалибровка, 13
  - индикатор, 8, 13
  - кнопка, 8
  - программирование, 14
  - требования, 13
  - AutoZero, 14
- Автоматический выбор диапазона, 19
- адаптер
  - требования к зазорам, 45
  - TCA-VPI50, xiv
- адаптер для штыревых контактов квадратного сечения, 13
- адаптер наконечника пробника
  - габариты, 38
- Адаптер TCA-VPI50, xiv
- адаптеры наконечников пробников, 42
- артефакты, 16

## В

- волоконно-оптический кабель
  - безопасные методы использования, 2
- вспомогательный инструмент для пайки, 47
- входное сопротивление кабеля наконечников датчиков, 21

## Г

- габариты
  - адаптер наконечника пробника, 38
  - головка датчика, 36
  - компенсационное устройство, 37
  - контроллер, 37
- гибкий трипод, 40

- головка датчика, 8
  - габариты, 36
  - метки, 8
  - описание, xiii

## Д

- Диапазон 1X, 18
- Диапазон 2X, 18
- дистанционное программирование
  - CH<n>:PRObe?, 59
  - CH<n>:PRObe:
    - FORCEDRange, 60
    - CH<n>:PRObe:AUTOZero EXECute, 59
    - CH<n>:PRObe:COMMAND “CLAMP”, 59
    - CH<n>:PRObe:GAIN?, 60
    - CH<n>:PRObe:ID?, 60
    - CH<n>:PRObe:PROPDElay?, 61
    - CH<n>:PRObe:RECDESkew?, 61
    - CH<n>:PRObe:RESistance?, 61
    - CH<n>:PRObe:SET, 59
    - CH<n>:PRObe:UNIts?, 61
    - CH<n>:PROBECOntrol, 61
    - CH<n>:PROBEFunc:
      - EXTAtten, 62
      - CH<n>:PROBEFunc:
        - EXTDBatten?, 62
        - CH<n>:PROBEFunc:
          - EXTUnits, 62
- дифференциальный динамический диапазон, 18
- дополнительные принадлежности, 2

## З

- задержка распространения, 22
- Зона опасности получения радиочастотного ожога, 5

## И

- индикатор выхода за пределы диапазона, 7
- индикатор ограничения, 8
- индикатор состояния, 8
- индикаторы диапазона, 7
- индикаторы контроллера автокалибровка, 8
  - диапазон, 7
  - за пределами диапазона, 7
  - ограничение, 8
  - состояние, 8
- интерфейс программирования, 14
- информация по технике безопасности, v
- искажения, 16

## К

- кабели наконечников, 9
- кабели наконечников датчиков, vii, xiii, 9
  - радиус изгиба, 2
- кабель наконечника датчика
  - правила выбора, 19
  - установка, 11
- кнопка «RANGE» (ДИАПАЗОН), 7
- кнопка меню, 8, 15
- кнопка ограничения, 8
- кнопки контроллера автокалибровка, 8
  - диапазон, 7
  - меню, 8, 15
  - ограничение, 8
- компенсационное устройство, xii
  - габариты, 37
- компенсация фазового сдвига, 22
- контроллер, xiii
  - габариты, 37

коррекция смещения, 15  
отключение, 16

Коэффициент ослабления  
синфазного сигнала, 15, 23

кривая ухудшения параметров  
приборов, 4

## М

методы использования  
кабеля, 2

модели, xiii

## Н

наконечник датчика  
метки, 9, 18, 21

## О

обслуживание

пользователей, 49

ограничение на выходе, 20

описание прибора, xii

основные характеристики, xi

ошибки настройки компенсации  
пробника, 22

## П

параметры окружающей  
среды, 3

повторная упаковка, 57

подключение измерительной  
системы, 11

правила техники  
безопасности, v

предложения по  
обслуживанию, 49

пример измерения тока, 26

Пример разряда статического  
электричества, 27

примеры использования, 23

принадлежности  
дополнительные, 2

стандартные, 1

приспособление для пайки, 1

проверка рабочих  
характеристик  
задержка

распространения, 51

необходимое

оборудование, 50

протокол испытаний, 58

процедуры, 50

протокол испытаний, 58

процедуры очистки, 49

## Р

Радиочастотный ожог, 4

радиус изгиба

волоконно-оптические  
кабели, 2

кабели наконечников  
датчиков, 2

## С

сертификация лазера, xi

смещение входного сигнала, 22

совместимые

осциллографы, xiv

Соединитель MMCX, xiii, 13,  
24

соответствие

безопасность, 63

требования к окружающей  
среде, 65

соответствие требованиям  
по защите окружающей  
среды, 65

соответствие требованиям  
техники безопасности, 63

состояние измерительной  
системы, 8

состояние калибровки, 8

стандартные

принадлежности, 1

структурная схема, 39

## Т

технические

характеристики, 29

Технические характеристики  
входного сигнала., 3

требования к зазорам, 4  
адаптеры, 45

требования к условиям  
эксплуатации, 2

трипод для наконечника  
датчика, 41

триподы, 40

## У

упаковка, 57

условия возникновения  
ошибок, 54

услуги по гарантийному  
ремонту, 49

установка штырей с помощью  
пайки, 47

устранение неполадок, 54

уход за кабелем, 2

## Ф

фильтр низких частот, 16

функция настройки  
компенсации пробника

Осциллографы  
серии DPO7000,  
MSO/DPO70000, 22

## Ч

частота среза, 16

## А

AutoZero, 14

## І

IsoVu, xi

## Т

TIVM02, xiii

TIVM05, xiii

TIVM1, xiii