

# Проблемы тестирования V2X и их решения

М. Соковишин<sup>1</sup>, С. Литвиненко

УДК 621.317.7.023:[621.396.931:004.72] | ВАК 05.11.01

В настоящее время автомобильная отрасль – одна из тех областей промышленности, в которых технологии развиваются особенно быстро. Это, в частности, проявляется в появлении огромного количества инноваций, связанных с беспилотным транспортом. Хотя автономные автомобили пока остаются в будущем, это будущее уже не так далеко, как казалось всего несколько лет назад. Автономное вождение предполагает постоянное «общение» автомобиля с другими транспортными средствами, транспортной инфраструктурой и прочими объектами. Системы коммуникации беспилотных автомобилей с внешней средой обладают рядом особенностей, которые будут предъявлять новые требования к контрольно-измерительному и тестовому оборудованию. В данной статье, основанной на презентации, представленной М. Соковишиным на семинаре компании Keysight Technologies «Основы тестирования автомобильных цифровых и беспроводных устройств», который прошел 28 мая 2019 года в Москве, приводятся общие сведения о текущем положении в развитии и стандартизации таких систем, а также о некоторых решениях для их тестирования, которые уже сейчас предлагает компания Keysight.

**Б**еспилотные автомобили, очевидно, потребуют наличия беспроводных каналов связи с внешней средой. Однако такая коммуникация может не только служить целям автономного вождения, но и оказывать помощь водителю, а также способствовать повышению безопасности движения обычных транспортных средств. Например, автомобиль может получать в реальном времени данные о свободных местах на парковке в месте назначения, передавать информацию о своем техническом состоянии в сервисные центры. Он может сообщать о своих координатах в центры управления трафиком и получать от них рекомендации о предпочтительном маршруте движения с учетом пробок, а центры на основе данных от большого количества автомобилей могут регулировать, например, режимы работы светофоров, более равномерно распределяя загруженность дорог в городе. Автомобиль может устанавливать связь с другими транспортными средствами и даже со смартфонами, лежащими в карманах пешеходов, благодаря этому предупреждая аварийные ситуации. Преимуществ у таких систем множество.

Поскольку с помощью такой системы автомобиль может коммуницировать с различными объектами, эти системы называют V2X, что расшифровывается как

Vehicle-to-X, или «Транспортное средство – X». Здесь X – переменная, на месте которой могут быть разные объекты. Сейчас в рамках этого термина различают следующие основные виды коммуникации:

- V2V (Vehicle-to-Vehicle) – связь автомобиля с другим транспортным средством, прежде всего, для предотвращения аварийных ситуаций, а также для получения информации о движении, препятствиях и т. п.;
- V2I (Vehicle-to-Infrastructure) – связь с транспортной инфраструктурой, обеспечивающая, например, получение предупреждений о смене сигнала светофора, пересечении улицы пешеходами, состоянии дорожного покрытия и т. п.;
- V2N (Vehicle-to-Network) – связь с сетью для получения доступа к различной информации (например, о трафике), вызова экстренных служб, получения различных услуг, доступа к облачным ресурсам;
- V2P (Vehicle-to-Pedestrian) – связь с пешеходом, направленная на повышение безопасности.

В настоящее время консорциумом 3GPP разрабатывается релиз 16 стандарта 3GPP, в котором будет стандартизирована беспроводная связь автомобиля с внешней средой в сетях 5G. В данном стандарте она называется C-V2X. Буква C здесь означает Cellular – «сотовый», отражая то, что в основе этого стандарта – сотовая сеть.

<sup>1</sup> ООО «Кейсайт Текнолоджиз», инженер технической поддержки.

Однако C-V2X – не единственный стандарт, претендующий на ведущую роль в обеспечении коммуникации автомобиля с внешней средой. Его конкурент – DSRC, или 802.11p, основанный на стандарте Wi-Fi – включен в ряд принятых стандартов, таких как американские SAE J2735 и SAE J2945, европейский ITS G5 и японский ARIB STD-109, и уже используется для определенных задач преимущественно в США, например для внесения платы за использование дорог.

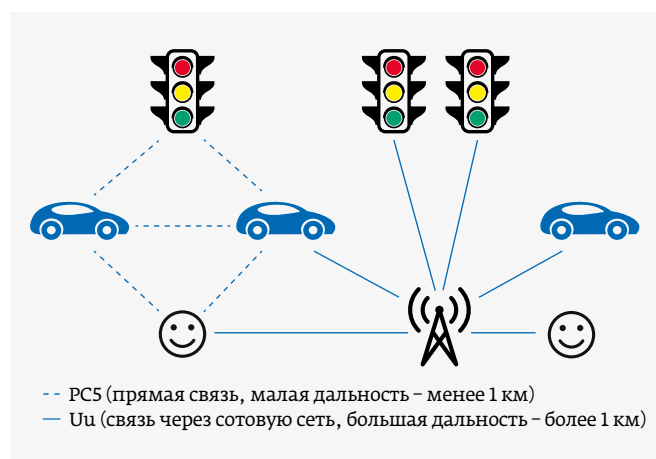
Оба стандарта обладают своими преимуществами и недостатками.

Главное преимущество стандарта DSRC заключается в его готовности с точки зрения стандартизации. Кроме того, будучи основанным на стандарте Wi-Fi, он работает на частотах около 5,9 ГГц (за исключением Японии, где используется частотный диапазон 760 МГц), которые менее загружены, чем диапазоны сотовой связи. В стандарте применяется выделенный канал, что обеспечивает низкую задержку – менее 5 мс. Вместе с тем дальность действия связи DSRC относительно небольшая, что требует создания сети с очень большим количеством точек доступа. Если при этом учесть, что модель монетизации услуг сети DSRC не вполне ясна, сложно сказать, каким образом предполагается окупить создание такой сети.

Стандарт C-V2X лишен этих недостатков: для его применения, вообще говоря, не требуется развертывания специальной сети, поскольку он основан на использовании инфраструктуры сотовой связи, а проблема монетизации может быть относительно легко решена с помощью специальных тарифов сотовых операторов.

Еще одно преимущество стандарта C-V2X перед DSRC – его большая защищенность, определяющаяся средствами шифрования сотовой сети. Это очень важный аспект в коммуникациях между автомобилем и внешней средой, поскольку они предполагают не только передачу конфиденциальной информации, но и обмен данными, напрямую влияющими на безопасность движения.

Помимо коммуникации через сотовую сеть по протоколу, получившему название Uu, в C-V2X предусмотрена и возможность прямого «общения» между транспортными средствами. Это обеспечивается службой Proximity Service (ProSe) с использованием интерфейса PC5 (рис. 1). Дальность действия данной связи составляет около километра. Это, помимо прочего, обеспечивает определенную независимость коммуникационной системы от доступности сети сотовой связи. В частности, недостатками существующих в настоящее время систем экстренного вызова, таких как «ЭРА-ГЛОНАСС» и европейская система eCall, является то, что если авария произойдет вне зоны действия сотовой связи, сообщение о ней передано не будет. При использовании для таких целей системы C-V2X существует хоть и относительно низкая (учитывая то, что речь идет о труднодоступной местности), но



**Рис. 1. Режимы взаимодействия автомобиля с внешней средой в системе C-V2X**

не нулевая вероятность, что сообщение будет передано по цепочке из нескольких проезжающих автомобилей, что может оказаться принципиальным, когда речь идет о человеческих жизнях. В более вероятных сценариях прямая связь между транспортными средствами позволяет более быстро и надежно получать сведения от других автомобилей о различных дорожных ситуациях, находящихся за пределами видимости водителя, предупреждать аварии и т. п.

Еще одной неотъемлемой частью систем коммуникации автомобиля с внешней средой являются получение информации о местоположении и синхронизация, которые в C-V2X реализуются с помощью сервисов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

Несмотря на то, что для применения стандарта C-V2X могут использоваться существующие сотовые сети, с его полноценным внедрением связан ряд проблем, одной из которых является то, что в этом случае резко увеличится количество абонентов, с чем сеть может не справиться. По этой и другим причинам начало широкого использования C-V2X ожидается с вводом в эксплуатацию сетей пятого поколения – 5G. Однако на данный момент релиз 16 стандарта 3GPP еще не принят: его утверждение сместилось примерно на девять месяцев относительно первоначального плана и в настоящее время ожидается в 2020 году. Это является основным недостатком стандарта C-V2X. Тем не менее европейские страны в большей степени ориентированы на него, и, вероятно, для России он также будет представлять более высокий интерес, чем DSRC.

С полноценным развертыванием систем V2X связаны и другие сложности вне зависимости от того, о каком стандарте идет речь. Учитывая то, что данные системы будут оказывать непосредственное влияние на безопасность дорожного движения, остро встает вопрос

о подтверждении требований безопасности при развитии стандартов. Как уже говорилось, крайне важным фактором является кибербезопасность.

Поскольку транспортные средства могут использоваться в разных странах, необходимо обеспечение соответствия международным и региональным требованиям. Также должна быть обеспечена взаимозаменяемость модулей, так как системы могут строиться на аппаратуре различных производителей.

Еще одной особенностью систем V2X является необходимость их бесперебойной работы в условиях интерференции, в особенности в городских условиях, где радиочастотная обстановка достаточно сложна и дополнительно усугубляется переотражениями от зданий и других объектов.

Ассоциацией 5GAA и регламентирующими организациями ожидается, что список сложностей развертывания систем V2X будет расширяться, однако обозначенные проблемы должны уже сейчас учитываться в системах тестирования V2X.

На уровне приложений применение стандартов C-V2X и DSRC не будет иметь значительных различий. Иными словами, с точки зрения пользователя не должно иметь значения, на каком стандарте построена коммуникация между его автомобилем и внешней средой: он будет получать те же услуги, ту же информацию и сервисы примерно так же, как сейчас происходит с навигацией, используется ли приложением система ГЛОНАСС или GPS. Поэтому и задачи, решаемые средствами контроля и измерений для систем V2X различных стандартов, в целом одинаковые. В то же время на уровне протоколов и структуры сети между стандартами существуют существенные отличия, и конкретные решения для тестирования также будут различаться. Рассмотрим основные особенности тестирования систем C-V2X, а также некоторые решения, которые для этой цели предлагает компания Keysight.

К основным измеряемым параметрам при тестировании систем C-V2X относятся:

- задержка;
- надежность передачи (коэффициент ошибок пакетов – PER);
- помехи и совместимость;
- дальность действия (чувствительность);
- адаптация к загруженности сети;
- максимальные относительные скорости транспортных средств;
- динамические искажения в каналах;
- пропускная способность;
- точность определения координат с помощью ГНСС;
- функциональная совместимость (согласованность);
- безопасность канала;
- характеристики антенн и проч.

Для реализации тестирования системы необходимо три решения:

- РЧ-тестирование всей цепочки (end-to-end) – включает высокочастотные тесты, проверки протоколов, тестирование стека и функциональный контроль;
- эмуляция ГНСС для синхронизации по месту и времени;
- верификация и отладка.

В условиях отсутствия принятого стандарта C-V2X серийное производство таких систем невозможно, поэтому решения для контроля и измерений, которые на данный момент предлагает компания Keysight для C-V2X, ориентированы преимущественно на исследования и разработку. В соответствии с указанными выше необходимыми решениями для тестирования, они включают следующие три ключевых аппаратно-программных блока:

1. **Платформа тестирования беспроводных устройств сети 5G UXM E7515B** обеспечивает выполнение сигнальных РЧ-тестов (тестов с эмуляцией сети) и поддерживает стандарт 5G NR в субшестигигагерцовом диапазоне, а также в миллиметровом диапазоне с использованием внешнего оборудования.
2. **Векторный генератор ВЧ-сигналов MXG N5182B** используется для эмуляции служб ГНСС для позиционирования и синхронизации, формируя в реальном времени сигналы от нескольких спутников GPS, ГЛОНАСС, Beidou (Compass), QZSS и Galileo, при этом позволяя добавлять искажения сигналов различных типов.
3. **Анализаторы спектра, приложения тестирования C-V2X, измерительные приложения серии X и приложения тестирования стека интеллектуальной транспортной системы (ITS)**, с помощью которых выполняются несигнальные тесты (без регистрации в сети) и верификация на физическом уровне.

Рассмотрим подробнее сигнальное РЧ-тестирование C-V2X. В отличие от сигнальных тестов устройств сотовой связи в данном тестировании выполняется не только регистрация и проверка работы устройства в эмулированной сети, но также и эмуляция среды, включая другие транспортные средства, пешеходов, дорожные события и т. п. На рис. 2 показана возможная тестовая конфигурация. Тестируемый модуль подключается к эмулятору сети и эмулятору навигационного сигнала, после чего запускается определенный сценарий, обеспечивающий функциональный контроль устройства. Примером сценария может служить движение с предупреждением об аварии на дороге. При этом может быть эмулирована выдача предупреждения как от базовой станции (по каналу Uu), так и от другого транспортного средства (по каналу PC5).

Как уже было сказано, для несигнальных тестов на этапе исследований и разработки применяются анализаторы спектра и программные средства. До утверждения

# Настроены, поверены и готовы к работе



Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому сервисный центр Keysight получил аккредитацию на право поверки средств измерений и готов обеспечивать техническое обслуживание приборов под марками Keysight, Agilent и HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные тестовые системы, программное обеспечение для проведения калибровки и настройки, опытный персонал - все это позволяет выполнять весь набор тестов в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности ваших измерений!

Подробнее: [www.keysight.com/find/Poverka](http://www.keysight.com/find/Poverka)  
Тел.: 8 800 500 9286

 **KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights





**Рис. 2.**  
Конфигурация для сигнального тестирования модуля C-V2X

редакции 16 стандарта 3GPP эти тесты основываются на стандарте редакции 14.

Хотя до запуска серийного производства модулей C-V2X еще существует некоторый временной зазор, стоит упомянуть о решении Keysight для несигнальных ВЧ-тестов абонентских устройств при их производстве, которое доступно уже сейчас. Это комплект для тестирования средств беспроводной связи EXM E6640A, который содержит в своем составе и генератор, и анализатор сигналов. Благодаря поддержке широкого спектра стандартов и многопортовости (в частности, при использовании многопортового адаптера имеется возможность подключения до 32 тестируемых устройств) данный комплект позволяет оптимизировать временные затраты при производственном тестировании.

До сих пор говорилось о тестировании в субгигагерцовом диапазоне. Однако предполагается, что при развертывании системы C-V2X на основе сетей 5G будет также использоваться и миллиметровый диапазон, с чем связан ряд новых проблем.

Одна из них заключается в невозможности выполнения измерений при очень высоких частотах через коаксиальный кабель. Это потребует применения в тестовых установках безэховых (или полубезэховых) камер и организации беспроводного тестирования («по воздуху»), для чего Keysight может предложить ряд решений.

Другая проблема вызвана использованием направленного луча базовой станции, что сложно в реализации

как на аппаратном уровне, так и на программном, поскольку устройства должны определять, когда на них направлен луч, а базовая станция должна направлять луч в соответствии с определенным алгоритмом на основе текущей обстановки. Например, если на некотором участке образовалось скопление автомобилей, базовая станция в этом направлении должна обеспечивать передачу большего объема данных и направлять лучи соответствующим образом, а при изменении дорожной обстановки менять направление лучей. Это требует новых видов тестирования. Такие тесты также уже реализованы Keysight в решениях с применением эмулятора каналов PropSim.

Говоря в целом о тестировании систем V2X, преимуществом компании Keysight является то, что она способна предоставить полный комплекс решений, охватывающих все уровни инфраструктуры сети, включая компоненты и чипсеты, абонентские устройства, базовые станции, дата-центры и корпоративный уровень, и позволяющих выполнять тестирование как аппаратуры, так и программного обеспечения. Это стало возможным, в частности, благодаря приобретению Keysight компаний Ixia и Anite.

Компания Keysight плотно взаимодействует с различными научными центрами, ассоциациями, компаниями автомобильной и телекоммуникационной отраслей и в настоящее время предлагает наиболее широкое портфолио решений для всех этапов жизненного цикла изделий для различных инженерных задач в области V2X. ●



# ТЕХНОПРОМ

VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

## «ТЕХНОПРОМ-2019»

### 18-20 СЕНТЯБРЯ 2019

МВК «НОВОСИБИРСК ЭКСПОЦЕНТР»

Организатор



Правительство  
Новосибирской  
области

Оператор



8(800)333-54-63

звонок по России бесплатный

[forumtechnoprom.com](http://forumtechnoprom.com)

## МИКРОСХЕМЫ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ КАТЕГОРИИ КАЧЕСТВА «ВП» 1344ЕН

Окончена ОКР «Генератор-5», в рамках которой разработаны микросхемы 1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У и 1344ЕН3.3У категории качества «ВП». Микросхемы являются стабилизаторами напряжения (с низким остаточным напряжением) с фиксированными выходными напряжениями положительной полярности, со встроенным электронным ключом. Внутренний ключ управляется напряжением ТТЛ или КМОП-логики. ИМС находится во включенном состоянии, когда вход управления CONTROL в состоянии «логическая единица». Для уменьшения уровня выходного шума можно подключить внешний конденсатор к выводу коррекции шума.

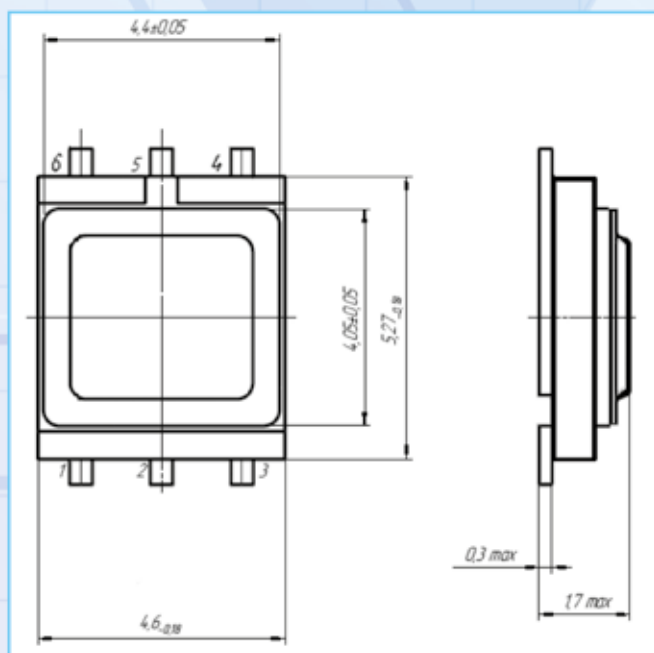
Микросхемы предназначены для применения в малогабаритных кварцевых генераторах, а также источниках питания радиоэлектронной аппаратуры специального назначения.

Микросхемы изготавливаются в металлокерамическом корпусе типа 5221.6-1 и функционируют при температуре среды от  $-60$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Функциональные аналоги микросхем 1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У и 1344ЕН3.3У – соответственно микросхемы TK71718S, TK71725S, TK717338S компании TOKO (Япония).

Технические условия – АЕНВ.431420.535 ТУ.

Габаритный чертеж микросхем серии 1344 в корпусе 5221.6-1



Назначение выводов

Номер вывода	Обозначение	Назначение
1	$U_{IN}$	Вход
2,3	$U_{OUT}$	Выход
4	NOISE BYPASS	Вывод коррекции шума
5	GND	Общий вывод
6	CONTROL	Вход управления

Микросхемы 1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У и 1344ЕН3.3У имеют стойкость к воздействию специальных факторов 7.И, 7.С и 7.К по ГОСТ РВ 20.39.414.2 с характеристиками 7.И<sub>6</sub> – 5Ус; 7.И<sub>7</sub> –  $2 \times 4$ Ус; 7.С<sub>4</sub> –  $1 \times 5$ Ус, 7.К<sub>1</sub> –  $10 \times 1$ К; 7.К<sub>4</sub> –  $0,5 \times 1$ К, 7.К<sub>9</sub> (7.К<sub>10</sub>) – является стойкой, 7.К<sub>11</sub> (7.К<sub>12</sub>) – до уровня 60 МэВ см<sup>2</sup>/мг по катастрофическим отказам и тиристорному эффекту.

Поданы предложения для включения микросхем 1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У и 1344ЕН3.3У в перечень ЭКБ 02. Возможна передача образцов микросхем 1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У и 1344ЕН3.3У заинтересованным в их применении предприятиям для проведения тестирования.



ОАО «ИНТЕГРАЛ» –  
управляющая компания  
холдинга «ИНТЕГРАЛ»  
Республика Беларусь  
E-mail: ATitov@integral.by

тел./факс: (+375-17) 398 72 03  
тел.: (+375-17) 298 97 43  
[www.integral.by](http://www.integral.by)



Таблица 1. Электрические параметры микросхем при приемке и поставке  
 $(U_{вх} = U_{вых ном} + 1 \text{ В}, U_{вх упр (вкл)} \geq 1,8 \text{ В})$

Условное обозначение микросхемы	Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура корпуса, °C
			не менее	не более	
1344ЕН1.8У	Выходное напряжение, В при $U_{вх} = U_{вых ном} + 1 \text{ В}$ , $I_{вых} = -5 \text{ мА}$	$U_{вых}$	1,764	1,836	$25 \pm 10$
1344ЕН2.5У			2,462	2,538	
1344ЕН3.3У			3,250	3,350	
1344ЕН1.8У	Нестабильность по входному напряжению, %/В при $U_{вх} = (U_{вых ном} + 1 \text{ В}) + (U_{вых ном} + 6 \text{ В})$ , $I_{вых} = -5 \text{ мА}$	$K_U$	–	0,056	
1344ЕН2.5У			–	0,040	
1344ЕН3.3У			–	0,030	
1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У, 1344ЕН3.3У	Нестабильность по току нагрузки, %/А при $-5 \text{ мА} \leq I_{вых} \leq -75 \text{ мА}$ при $-5 \text{ мА} \leq I_{вых} \leq -150 \text{ мА}$	$K_I$	–	11,43	
			–	14,02	
1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У, 1344ЕН3.3У	Минимальное падение напряжения, В при $I_{вых} = -38 \text{ мА}$ при $I_{вых} = -75 \text{ мА}$ при $I_{вых} = -150 \text{ мА}$	$U_{нд min}$	–	138	
				215	
				330	
1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У, 1344ЕН3.3У	Ток потребления, мА при $I_{вых} = 0 \text{ мА}$ при $I_{вых} = -50 \text{ мА}$	$I_{пот}$	–	0,11	
			–	1,5	
1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У, 1344ЕН3.3У	Ток потребления в выключенном состоянии, мкА при $U_{вх} = 8 \text{ В}$ , $U_{вх упр (выкл)} \leq 0,15 \text{ В}$	$I_{пот выкл}$	–	0,1	
1344ЕН1.8У	Ток разряда, мА при $U_{обр} = 1,8 \text{ В}$ при $U_{обр} = 2,5 \text{ В}$ при $U_{обр} = 3,3 \text{ В}$	$I_{раз}$	11	–	
1344ЕН2.5У			18	–	
1344ЕН3.3У			23	–	
1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У, 1344ЕН3.3У	Температурный коэффициент напряжения, %/°C при $I_{вых} = -5 \text{ мА}$	$\alpha U$	–	0,03	
	Дрейф выходного напряжения, % при $I_{вых} = -5 \text{ мА}$	$\Delta U_{вых}$	–	1,5	125
Параметры входа управления CONTROL					
1344ЕН1.8У, 1344ЕН2.5У, 1344ЕН3.3У	Ток по входу управления, мкА $U_{вх упр} = 1,8 \text{ В}$ , состояние «включено»	$I_{вх упр}$	–	2,5	$25 \pm 10$
	Напряжение включения на входе управления, В, состояние «включено»	$U_{вх упр (вкл)}$	–	1,6	
	Напряжение выключения на входе управления, В, состояние «выключено»	$U_{вх упр (выкл)}$	0,6	–	

