

# Обзор антенн для устройств GPS

Дмитрий Ивалев

**Антенна является одним из самых важных элементов беспроводной инфраструктуры, и от правильного выбора и ее эксплуатации зависит не только качество системы, определяемое основными параметрами беспроводного устройства (максимально достижимой дальностью, максимальной пропускной способностью канала связи и т. п.), но и ее надежность. Неправильно смонтированная антенна, например, может обеспечивать хорошую связь в обычных и достаточно благоприятных условиях, но во время дождя будет давать сбои. Несмотря на внешнюю простоту, проектирование антенны требует не меньше сил, труда и инженерной мысли, чем создание даже самого сложного электронного устройства. В настоящей статье приводится краткий обзор антенн для GPS, предлагаемых различными производителями, их сравнительный анализ и даются некоторые рекомендации по их применению в устройствах.**

В первую очередь GPS-антенны следует разделить на пассивные и активные. Кроме того, существуют антенны внешние и для монтажа на плату. Эти две классификации антенн для GPS являются основными. Производители предлагают антенны различного типа. Не следует забывать, что антенны являются одной из самых важных составных частей беспроводных систем. Каким бы замечательным ни было оборудование, но если используется неподходящая антенна, то характеристики такой системы будут весьма далеки от желаемых. Активные антенны представляют собой пассивные антенны со встроенным малошумящим усилителем. Когда же стоит применять активные антенны? Во-первых, если в GPS-приемнике нет возможности установки внутренней антенны – например, когда выведен разъем для подключения внешней антенны, безусловно, лучшим вариантом будет использование активной антенны, нежели пассивной. Это позволит не только увеличить чувствительность, но и повысить соотношение «сигнал-шум» и снизить влияние помех (слабый сигнал, идущий по кабелю от пассивной антенны более подвержен воздействию внешнего электромагнитного излучения, чем сигнал от активной антенны гораздо большей амплитуды). В случае отсутствия соединительного кабеля (или в случае крайне малой его длины, которой можно пренебречь), необходимость применения активной антенны диктуется конкретной ситуацией: если разрабатывается новое устройство, то во многих случаях может

быть удобнее и дешевле встроить антенный усилитель непосредственно в устройство. Готовые устройства такой усилитель уже могут содержать, поэтому к выбору типа антенны необходимо подходить индивидуально.

Рассмотрим некоторые модели антенн, предлагаемых различными производителями. Компания Lairac предлагает целый ряд антенн для беспроводных устройств, как внешних, так и внутренних. Серия накладных антенн P1 представляет собой внешние активные антенны для устройств GPS (рис. 1). Она имеет небольшие габариты, выполнена в защищенном от внешних воздействий корпусе и поставляется с кабелем с разъемами MMCX, SMA и MCX. Корпус имеет магнитное основание, что в большинстве случаев существенно упрощает ее монтаж на место работы. В антенну встроены высокотехнологичный современный малошумящий усилитель. Имеется большое разнообразие разъемов (которое может быть расширено поставкой антенн с заказными разъемами). Антенны выпускаются в двух вариантах: для систем с напряжением питания 3,0 В и для систем с напряжением питания 5,0 В. Помимо хорошего усиления МШУ содержит полосовые фильтры, вырезающие все сигналы за пределами рабочего диапазона частот GPS. Рассмотрим основные рабочие характеристики антенны. Рабочая частота составляет  $1575,42 \pm 3$  МГц, при этом КСВН не превышает 2,0. Ширина полосы пропускания с учетом работы полосовых фильтров составляет



Рис. 1. Внешний вид антенны Lairac P1



10 МГц. Антенна имеет коэффициент эллиптичности 3,0 дБ, ее импеданс составляет 50 Ом. Максимальный коэффициент усиления собственно антенны достигает 4,0 дБ, а рассеиваемая мощность не превышает 1,0 Вт; поляризация антенны — правая круговая. Встроенный усилитель имеет следующие характеристики: коэффициент усиления сигнала без учета затухания в кабеле — 27 дБ при коэффициенте шума 1,5 дБ; выходной КСВН не превышает 2,0. При этом напряжение питания составляет либо  $3,0 \pm 0,3$  В (для трехвольтовых модификаций), либо  $5,0 \pm 0,5$  В (для пятивольтовых). Вес — всего 35 г (без кабеля; вес с кабелем не превышает 120 г) при габаритах  $49,3 \times 49,3 \times 17$  мм. Антенна комплектуется кабелем типа RG 174 длиной 5 м. Антенна успешно функционирует в диапазоне температур от  $-40$  до  $+105$  °С. Навинчивающаяся антенна GLP1-RA (рис. 2) предназначена для подключения к GPS-приемникам с внутренним напряжением питания 3,3 В. Она компактна, выполнена в защищенном корпусе и в основном предназначена для производителей электроники и системных интеграторов. Суммарное усиление ан-



Рис. 2. Внешний вид антенны Lairac GLP1-RA

тенны составляет 27 дБ. Кабель с разъемом типа SMA выходит из центральной нижней части антенны. Основные технические характеристики этой антенны во многом аналогичны рассмотренной выше P1, за исключением коэффициента шума — здесь он составляет 1,2 дБ, а потребляемый ток не превышает 20 мА. Рабочий диапазон температур менее широк: от  $-40$  до  $+85$  °С. Диаметр антенны составляет 60 мм, а высота — 22 мм.

Еще одна производимая этой фирмой антенна — GLP-P1P (рис. 3) — уже относится к классу встраиваемых пассивных антенн без усилителя, поэтому подразумевает использование с модулями, имеющими встроенный МШУ. Ее технические характеристики аналогичны рассмотренным выше, поэтому отметим только уникальные. Ширина полосы пропускания, в отличие от антенны P1, составляет 15 МГц. Конструкция антенны требует противовес размером  $70 \times 70$  мм, при этом ее вес не превышает 10 г, а габариты составляют  $25 \times 25 \times 2$  мм. Рабочий диапазон температур антенны — от  $-40$  до  $+85$  °С, допустимая влаж-



Рис. 3. Фотография антенны Lairac GLP-P1P

ность — 95–100% при отсутствии конденсации. Отметим также, что этот модуль производится и в варианте со встроенным МШУ, при этом его толщина увеличивается на 8 мм.

Модель GLP1-GC (рис. 4) более интересна, поскольку представляет собой совмещенную антенну GPS/GSM и выпускается в двух реализациях: в виде накладной антенны с магнитным основанием (рис. 5) и в виде антенны для постоянного монтирования на место работы (рис. 6). Такая комбинированная антенна очень удобна и незаменима при использовании в системах телеметрии и удаленного контроля местоположения объектов, например, в системах слежения за транспортом и логистики. В последнее время внимание рынка к этой категории приложений существенно возросло, поэтому предлагаемая антенна будет интересна большинству системных интеграторов и производителей беспроводного оборудования для телеметрии. Эргономичный корпус, защищенный от внешних воздействий, удобен при использовании на внешних объектах. Антенна имеет большой коэффициент усиления



Рис. 4. Внешний вид антенны Lairac GLP1-GC

в диапазоне GPS. Усиление в диапазоне GSM составляет -1 дБн. Активная часть антенны обеспечивает усиление до 27 дБ, при этом потребляемый ток не превышает 22 мА. Антенна комплектуется кабелем длиной 5 м с разъемом типа SMA. При этом допустимый диапазон питания антенны составляет 3,0–5,0 В. Для приложений GPS антенна имеет полосу пропускания 10 МГц при импедансе 50 Ом и КСВН не более 2,0. Встроенный МШУ обеспечивает усиление 27 дБ (без учета потерь в кабеле) и коэффициент шума не более 1,5 дБ. Для приложений GSM антенна имеет рабочий диапазон частот 880–960 МГц и импеданс 50 Ом, диаграмма направленности — круговая. Диаметр антенны — 100 мм при высоте 39 мм, при этом вес ее составляет 320 г. Антенна комплектуется кабелями (RG-174 для GPS и RG-58 для GSM) с разъемами типа SMA и TNC на конце.

Еще одной комбинированной антенной, предлагаемой компанией Lairac, является модель



Рис. 7. Фотография антенны Lairac GLP1-CA

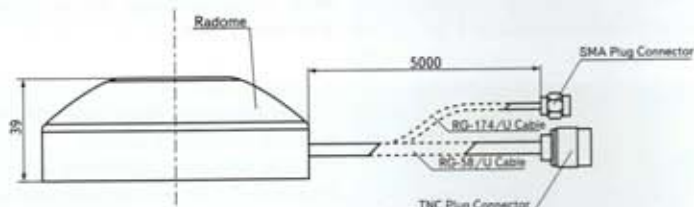


Рис. 5. Габаритные и присоединительные размеры антенны GLP1-GC в исполнении с магнитным основанием

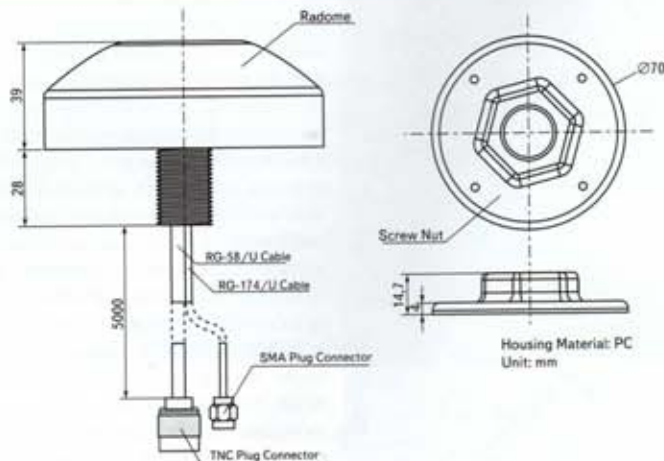


Рис. 6. Габаритные и присоединительные размеры антенны GLP1-GC в исполнении для монтажа в отверстие



**GLP1-CA** (рис. 7). Технические характеристики аналогичны антенне GLP1-GC. Напряжение питания может находиться в диапазоне от 3,0 до 5,0 В, при этом максимальный потребляемый ток равен 22 мА. Антенна имеет круговую диаграмму направленности и габариты 86×60×25 мм в варианте реализации без дипольной антенны, либо 86×60×80 мм. Варианты разъемов для GPS могут быть BNC, SMA, SMB и SMC, а для GSM — BNC, SMA и TNC.

Компания **Wi-Sys Communications** производит очень широкую номенклатуру антенн для GPS. Среди них как встраиваемые антенны, так и корпусированные и антенны специального назначения. При этом хочется отметить, что в каждой категории компания предлагает целый ряд оптимизированных по разным критериям решений. В качестве таких решений выступают высокий коэффициент усиления, малое энергопотребление, низкая цена, малые габариты и т. д. Объем статьи не позволяет рассмотреть их все, поэтому приведем лишь наиболее яркие из них. Все модели будут присутствовать в сводной таблице технических характеристик, которая будет дана в заключительной части этой статьи. Сначала рассмотрим встраиваемые антенны этого производителя, затем корпусированные и, наконец, кратко коснемся антенн для устройств специального назначения.

#### Встраиваемые антенны

Антенны с высоким коэффициентом усиления требуются для успешной работы систем позиционирования в сложных условиях, где уровень сигнала крайне мал и усиления обычных антенн недостаточно для надежной работы устройства. К этому классу относятся антенны серии **WS3950/60** (рис. 8). Цепи малошумящего усилителя в этих антеннах разработаны на самой современной элементной базе и имеют встроенный ПАВ-фильтр, что позволяет получать надежный и чистый сигнал даже в крайне сложных условиях. Антенна обладает круговой правой поляризованной, а встроенный малошумящий усилитель обеспечивает коэффициент усиления 28 дБ при напряжении питания 3,0 В и 28,5 дБ при питании с напряжением 5,0 В, при этом коэффициент шума не превышает 0,8 дБ. Диапазон рабочих напряжений составляет 2,7—5,0 В, а потребляемый активной частью антенны ток в рабочем режиме составляет 7,5 мА (типичное значение) при напряжении питания 3,3 В. Антенна имеет габариты 28×28×9 мм. Антенна комплектуется кабелем длиной 15 см с разъемом MMCX. Серия антенн **WS3954/WS3964** внешне ничем не отличается от **WS3950/60**, однако их параметры оптимизированы по критерию энергопотребления. Отличие состоит в потребля-



Рис. 8. Фотография антенны Wi-Sys WS3950/60

емому току — всего 2 мА при напряжении питания 2,7 В (при этом МШУ обеспечивает коэффициент усиления 18 дБ). Допустимое напряжение питания для этой серии антенн находится в диапазоне от 2,5 до 3,3 В. Серии антенн **WS3957/WS3967**, напротив, оптимизированы по стоимости. В них использован двухкаскадный малошумящий усилитель со встроенными фильтрами на ПАВ, в результате при напряжении питания 2,8 В достигается усиление 28 дБ (при этом потребляется ток 9 мА), а при напряжении 5,0 В — 30 дБ, при этом потребляемый ток увеличивается до 15 мА. Допустимый диапазон напряжения питания составляет от 2,7 до 5,0 В. Коэффициент шума сигнала не превышает 1,5 дБ, он немного хуже, чем в серии **WS3950/60**, но эти антенны дешевле. Имеется также герметизированный вариант **WS3967-P**, по электрическим характеристикам аналогичный антеннам серий **WS3957/WS3967**.

Другим довольно интересным и необычным решением компании Wi-Sys являются антенны серии **WS4051/WS4061** со встроенным разъемом MCX (рис. 9). Производитель позиционирует их как решения для встраиваемых систем. Антенны имеют коэффициент шума сигнала 0,8 дБ и могут функционировать при напряжении питания от 2,7 до 5,0 В. Коэффициент усиления МШУ составляет не менее 28 дБ при напряжении 3,3 В (при этом потребляемый

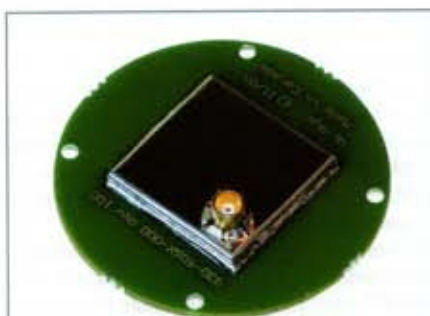


Рис. 9. Внешний вид антенн Wi-Sys WS4051/WS4061

ток составляет 7,5 мА) и 28,5 дБ при питании 5,0 В. В этом семействе антенн также имеются серии, оптимизированные для приложений с минимальным энергопотреблением — это серии **WS4055/WS4065**. Их конструктивное исполнение аналогично антеннам **WS4051/WS4061**, отличия же заключаются только в электрических параметрах: их напряжение питания составляет 2,5—3,3 В, при этом потребляемый ток при питании 2,7 В составляет всего 2,0 мА. При напряжении питания 3,3 В обеспечивается коэффициент усиления МШУ не менее 18 дБ, коэффициент шума при этом не превышает 1 дБ.

Для портативных приложений компания Wi-Sys разработала специальные сверхкомпактные антенны с продольными размерами всего 13 и 18 мм. К первым относится серия антенн **WS1357** (рис. 10), которые предназначены для встраиваемых приложений и имеют хорошую защиту от электростатических разрядов. Диапазон допустимого напряжения питания составляет 2,7—5,0 В, коэффициент шума МШУ не превышает 1,5 дБ. При этом МШУ обеспечивает усиление 28 дБ при напряжении питания 3,3 В (при этом ток потребления составляет 9 мА) и 28,5 дБ при напряжении 5,0 В (при этом потребляется ток 15 мА). Антенна **WS1857** имеет продольные размеры 18×18 мм, коэффициент усиления встроенного в них усилителя при напряжении питания 5,0 В достигает 30 дБ.



Рис. 10. Внешний вид антенны Wi-Sys WS1357

Как и многие производители GPS-антенн, компания Wi-Sys следует требованиям рынка и предлагает своим потребителям комбинированные антенны. Представитель этой категории — антенна **WS3940-ULD** (рис. 11). Она имеет ультратонкий профиль, что позволяет с успехом использовать ее в миниатюрных и портативных устройствах. Диапазон напряжения питания этой антенны составляет 2,7—5,5 В, при этом типовое значение потребляемого тока — около 8 мА. Типовой коэффициент уси-

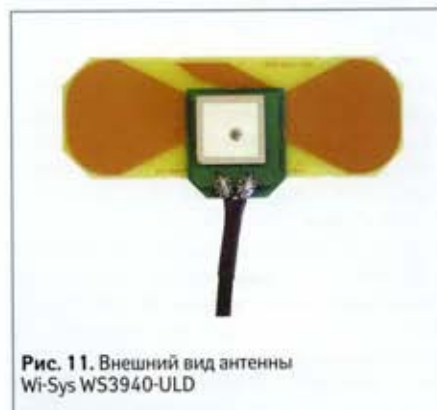


Рис. 11. Внешний вид антенны Wi-Sys WS3940-ULD

ления малошумящего усилителя подсистемы GPS этой антенны равен 25 дБ, при этом коэффициент шума не превышает 1,6 дБ. Антенна работает в следующих диапазонах: 824–894 МГц (сотовая телефония), 890–960 МГц (GSM), 1710–1880 МГц (Европа) и 1850–1990 МГц (Северная Америка).

#### Корпусированные антенны

Предназначены для внешнего использования или замены/монтажа в уже готовые устройства GPS. Компания Wi-Sys производит ряд антенн этой категории: с магнитным основанием для простого монтажа на металлических поверхностях; радиального типа для монтажа на штырь (на самом деле это полая трубка с внешней резьбой, внутри которой проходит коаксиальный кабель) и накладные антенны для монтажа на поверхности. В первой категории предлагается три серии антенн, оптимизированных с точки зрения минимума шумов, малого энергопотребления и небольшой цены. Антенны отличаются только ценой и техническими характеристиками, внешний же вид этих трех серий одинаков. Серия антенн **WS3910** (рис. 12) представляет специально разработанные антенны на базе керамических элементов, что позволило добиться снижения эффекта расстройкой, который вызывается окружающими антенну предметами. Антенна обладает отличными параметрами и очень удобна при монтаже: она не только имеет магнитное основание, существенно упрощающее монтаж на место эксплуатации, но и расположен-





Рис. 12. Внешний вид антенны Wi-Sys WS3910

ные в нижней части отверстия, которые дают возможность также выполнять крепление винтами. При этом вес антенны — 120 г, а габаритные размеры — всего 45×51×12 мм. Рабочий диапазон температур довольно широк и охватывает допустимые значения в диапазоне от -40 до +80 °С. Антенна относится к классу малошумящих, поэтому суммарный коэффициент шума получаемого от антенны сигнала для этой модели не превышает 0,8 дБ. При этом малошумящим усилителем обеспечивается отличное усиление: 28 дБ при напряжении 3,3 В (при этом потребляемый ток не превышает 7,5 мА) и 28,5 дБ при напряжении питания 5,0 В (потребляемый ток 11,5 мА). Как и все рассмотренные ранее антенны, эта модель имеет импеданс 50 Ом. Производитель рекомендует заказывать антенну, укомплектованную коаксиальным кабелем с разъемом типа SMA, однако по запросу возможна поставка с разъемами SMB, SMC, MCX, BNC и TNC. Серия **WS3914** оптимизирована для использования в малопотребляющей технике: ток потребления при напряжении питания 2,7 В не превышает 2 мА. При этом достигаются хорошие электрические параметры, определяемые используемым МШУ: он обеспечивает коэффициент усиления 18 дБ и шум не более 1 дБ (при напряжении 3,3 В). Допустимый диапазон питающего напряжения составляет от 2,5 до 3,3 В. Антенна поставляется с теми же типами разъемов, что и WS3910. Еще один представитель категории антенн с магнитным основанием — модель **WS3917**, критерий оптимизации которой — цена. Она обладает хорошими электрическими параметрами при небольшой стоимости: напряжение питания 2,7–5,0 В, при этом МШУ обеспечивает усиление 28 дБ и коэффициент шума не более 1,5 дБ. Потребляемый активной частью антенны ток значительно выше, чем у модели WS3914, но за снижение цены приходится платить большим энергопотреблением: при напряжении питания 3,3 В усилитель антенны потребляет ток 9,0 мА, а при напряжении 5,0 В — 15,0 мА, а диапазон допустимого напряжения питания значительно шире: 2,7–5,0 В. Типы разъемов аналогичны модели WS3914, антенна поставляется с коаксиальным кабелем длиной 3 м, потери в котором составляют 1,3 дБ/м, то есть полное затухание в кабеле достигает 3,9 дБ, однако большой коэффициент усиления МШУ нейтрализует эту проблему. Категория антенн для монтажа в отверстие компании Wi-Sys представлена серией **WS3977** (рис. 13). Эти антенны отличаются крайне высоким подавлением внеполосных частотных компонент сигнала. В активной части используется современная элементная база с применением фильтров на ПАВ, что обеспечивает ей хорошие электрические параметры. Для удобства монтажа производитель также предлагает специальный



Рис. 13. Внешний вид антенны Wi-Sys WS3977

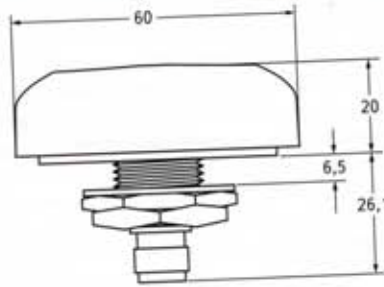


Рис. 14. Габаритные и присоединительные размеры антенны WS3977

кронштейн для крепления на горизонтальные поверхности. Габаритные и присоединительные размеры антенны WS3977 показаны на рис. 14. Антенна помещена в пыле-влагозащищенный корпус диаметром 66 мм и высотой 44,4 мм, при этом полный вес антенны равен 50 г. Диапазон допустимых напряжений питания расширенный — от 2,7 до 5,0 В. Коэффициент шума не более 1,5 дБ при усилении 28 дБ (напряжение питания 3,3 В) и 30 дБ (питание 5,0 В). Антенна поставляется с единственным типом разъема — TNC. Антенны для монтажа на поверхность производства компании Wi-Sys представлены семейством **WS3977** (рис. 15). Антенны очень компактны (Ø44,28×13,42 мм) и незаметны при использовании, при этом обладают отличными техническими характеристиками, сохраняющимися при работе от источника питания на поверхность производства компании Wi-Sys представлены семейством **WS3977** (рис. 15). Антенны очень компактны (Ø44,28×13,42 мм) и незаметны при использовании, при этом обладают отличными техническими характеристиками, сохраняющимися при работе от источника питания с выходным напряжением 2,7–5,0 В. Способ крепления этой антенны (четыре винта Ø4×40) легко понять из рис. 16, на котором приведены габаритные и присоединительные размеры, необходимые для ее монтажа на место эксплуатации. Энергопотребление антенны относится к среднему классу и составляет 9 мА при нижнем предельном напряжении питания и 15 мА при верхнем, при этом коэффициент усиления для первого режима составляет 28 дБ, а для второго превышает 30 дБ. В отличие от предыдущих моделей, антенна WS3977 не снабжена кабелем, а имеет встроенный разъем типа MCX, что в большинстве случаев является не проблемой, а преимуществом, поскольку этим обеспечивается большая гибкость и удобство, чем при использовании антенн со встроенным кабелем. Расширенный диапазон температур (-40... +85 °С) и герметичная конструкция позволяют без проблем использовать антенну в сложных условиях эксплуатации. Кроме того, на заказ антенна может поставляться в корпусах различного цвета.

### Специализированные антенны

Категория специализированных антенн компании Wi-Sys представлена несколькими интересными моделями. Одной из них является **WS3940** — комбинированная активная антенна, к которой можно подключить GPS-приемник



Рис. 15. Внешний вид антенны Wi-Sys WS3977

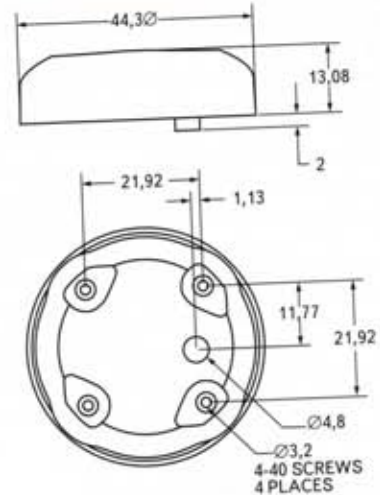


Рис. 16. Габаритные и присоединительные размеры антенны WS3977

и сотовый модем или телефон. Яркой отличительной особенностью этой модели является то, что она специально предназначена для монтажа на стеклянные поверхности (рис. 17). Эта модель очень удобна для применения в телематических приложениях и позволяет достичь отличной точности данных позиционирования, а также чистой надежной связи центра с мобильным объектом. Антенна универсальна и помимо GPS способна работать в следующих частотных диапазонах: 824–894 МГц (сотовая телефония), 890–960 МГц (GSM), 1710–1880 МГц (европейский) и 1850–1990 МГц (Северная Америка). Диапазон рабочих напряжений питания — 2,7–5,0 В, при этом типовой потребляемый активной частью антенны ток составляет 8 мА. Коэффициент шума МШУ не превышает 1,6 дБ, при этом обеспечивается типовое усиление 25 дБ. Антенна достаточно компактна: ее габаритные размеры 140×75×8 мм (рис. 18). Другой специализированной антенной является **WS3942** (рис. 19). Как и предыдущая, эта модель предназначена для использования в телематических приложениях, поскольку обеспечивает работу как в диапазоне GPS, так и в диапазонах сотовой телефонии. Антенна состоит из двух объединенных блоков и активной части — малошумящего усилителя. Первый блок представляет собой накладную GPS-антенну, а второй — штыревую сотовую антенну. При этом в нижней части антенны имеется магнитное основание, что облегчает ее установку. Она выпускается в двух модификациях — для Северной Америки и Европы, различия которых заключаются в поддерживаемых диапазонах частот (сотовая часть): для первого региона поддерживаются диапазоны сотовой телефонии 824–894 МГц и 1850–1990 МГц, а для второго — 890–960 МГц и 1710–1880 МГц. Встроенный малошумящий усилитель обеспечивает усиление 28 дБ при коэффициенте шума 1,6 дБ. Диапазон допус-



Рис. 17. Внешний вид антенны Wi-Sys WS3940



Рис. 18. Габаритные и присоединительные размеры антенны WS3940



Рис. 19. Внешний вид антенны Wi-Sys WS3942

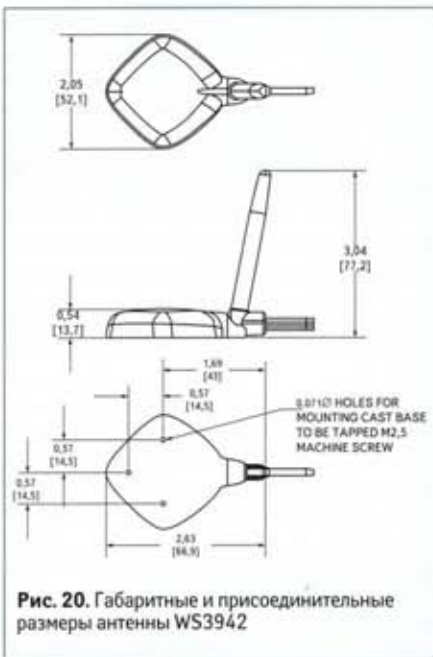


Рис. 20. Габаритные и присоединительные размеры антенны WS3942

того напряжения питания — от 2.7 до 5.0 В. Экономичность антенны также на хорошем уровне: при напряжении питания 3.3 В потребляется ток — не более 9 мА. Эта модель за счет использования штыревой антенны имеет меньшие габариты: 45×51×64 мм (рис. 20).

Антенна **WS3947** (рис. 21) является также комбинированной и помимо работы с GPS обеспечивает возможность работы в диапазонах сотовой телефонии 3G и, кроме того, одновременно позволяет работать в ISM-диапазоне 2,4 ГГц, что дает возможность использовать ее в качестве антенны для Wi-Fi. Необходимо отметить, что количество аналогов на рынке невелико. Антенна обеспечивает возможность применения в различных географических регионах, поэтому поддерживаются следующие диапазоны частот: 824–894 МГц (сотовая телефония), 890–960 МГц (сотовая телефония GSM), 1710–1880 МГц (Европа), 1850–1990 МГц (Северная Америка), 1885–2200 МГц (Европа и США, диапазон для систем мобильной телефонии 3G), 2400–2500 МГц (ISM-диапазон). Характеристики активной части антенны следующие: диапазон напряжения питания 3,0–5,0 В, коэффициент усиления 28 дБ при коэффициенте шума 1,5 дБ; ток потребления при напряжении питания 3,5 В равен 9 мА. При таком сочетании возможностей антенна не только невелика по размерам, но и очень тонка — ее толщина 8,5 мм, а габариты 132,1×58,9 мм (рис. 22).

И, наконец, в заключение краткого обзора антенн компании Wi-Sys рассмотрим комбинированную GPS/Wi-Fi активную антенну **WS3948**. Внешне она очень напоминает антенну WS3942 и имеет такую же конструкцию: накладную основную часть с магнитным основанием, содержащую антенну GPS и объединенную с ней штыревую антенну для приложений Wi-Fi. В нижней части магнитного основания также имеются резьбовые отверстия для обеспечения более надежного крепления винтами. Диапазон питания активной части антенны здесь немного больше: допустимым является напряжение в диапазоне 2,7–5,5 В. При напряжении 3,3 В МШУ антенны потребляет ток 9 мА и обеспечивает усиление 28 дБ.



Рис. 21. Внешний вид антенны Wi-Sys WS3947



Рис. 22. Габаритные и присоединительные размеры антенны WS3947

**Литература**

1. <http://www.laipac.com/>
2. <http://www.wi-sys.com/>

Продолжение следует