

*В.В. Симаков¹, И.М. Тетерин², Н.Г. Топольский², А.Д. Зеркаль¹,
А.В. Мокшанцев², Нгуен Тханг Куанг² (Россия, Вьетнам)*
(¹Конструкторское бюро опытных работ, ²Академия ГПС МЧС России;
e-mail: ntp-tsb@mail.ru)

О ПРИМЕНЕНИИ МОДУЛЯ БЛИЖНЕЙ РАДИОЛОКАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Показаны возможности импульсного сверхширокополосного модуля ближней радиолокации по поиску и обнаружению пострадавших под завалами, измерению толщины льда, мониторингу состояния зданий и сооружений.

Ключевые слова: модуль, поиск, пострадавшие, измерение, лёд, мониторинг, здание.

*V.V. Simakov, I.M. Teterin, N.G. Topolsky, A.D. Zerkal,
A.V. Mokshantsev, Nguyen Thang Quang (Russia, Vietnam)*

ABOUT USE OF THE MODULE OF THE NEAR RADAR-LOCATION IN THE AUTOMATED SYSTEMS OF THE PREVENTION AND ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS

Possibilities of the pulse superbroadband module of a near radar-location for search and detection of victims under blockages, measurements of thickness of ice, monitoring of a condition of buildings and constructions are showed.

Key words: module, search, victims, measurement, ice, monitoring, building.

Импульсные **сверхширокополосные** (СШП) модули ближней радиолокации серии Пикор-1 построены на однокристалльном радиолокационном приёмопередатчике СШП-61.

Сверхширокая полоса частот передаваемых импульсов Пикор-1 создаёт уникальные возможности по прохождению сигналов через препятствия и обеспечивает высокую точность действия.

Главная особенность СШП-модуля в том, что для преобразования сигналов из аналоговой формы в цифровую не требуется тактирование, что обеспечивает более высокую скорость обработки и меньшее энергопотребление.

Принцип действия модуля ближней радиолокации Пикор-1 показан на рис. 1. Поскольку СШП-импульсы хорошо проникают сквозь различные среды, то могут быть успешно обнаружены отражённые сигналы от таких скрытых объектов, как сердце в организме человека или объект за препятствием. Это свойство СШП-импульсов позволяет применять данный модуль там, где не могут быть использованы оптические датчики, например, при радиолокации сквозь строительные конструкции или в загрязнённых средах.

В ближней радиолокации требуется высокое разрешение отражённых сигналов, а время распространения сигналов очень мало, его можно определить по формуле:

$$T_{\text{распр}} = \frac{2D}{c},$$

где D – расстояние до объекта локации, м;

c – скорость распространения радиолокационного сигнала, м/с.

Таким образом, время распространения сигнала на один метр дистанции (до цели и обратно) составляет примерно 6,6 нс.

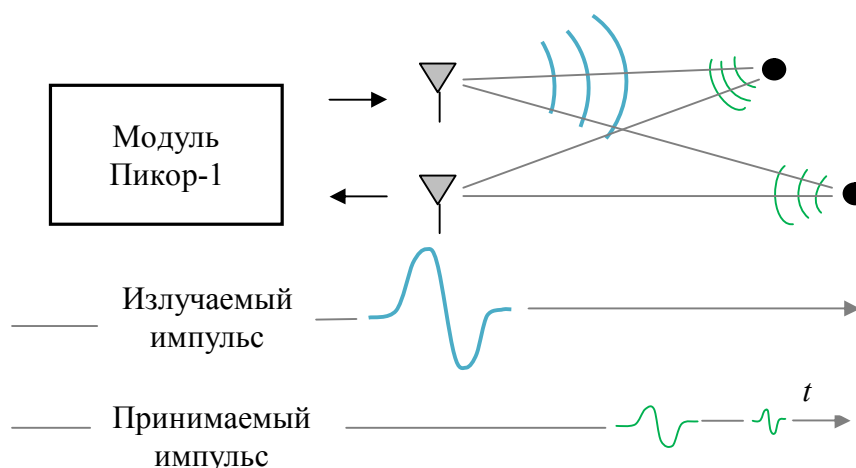


Рис. 1. Принцип действия модуля ближней радиолокации Пикор-1

Ширина спектра сигнала СШП-системы должна удовлетворять ограничениям на спектральную плотность мощности. Существующие на мировом рынке СШП-устройства ориентируются на спектральные маски частотного регулирования (табл. 1), установленные Федеральным агентством по связи (FCC) США.

Таблица 1

Спектральные маски частотного регулирования FCC США

Частотный диапазон, ГГц	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность внутри помещений, дБм/МГц	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность для портативных устройств, дБм/МГц
960 МГц – 1,610 ГГц	75,3	75,3
1,610 ГГц – 3,1 ГГц	53,3	63,3
3,1 ГГц – 10,6 ГГц	41,3	41,3
выше 10,6 ГГц	51,3	61,3

Выбор требуемой формы импульса имеет большое значение для СШП-систем, поскольку от этого зависит ширина спектра сигнала.

Однокристалльный приёмопередатчик СШП-61 работает в двух частотных диапазонах (нижнем и среднем) и позволяет генерировать сверхкороткие импульсы с формой 1-й производной функции Гаусса и длительностями около 0,6 нс и 0,3 нс. Диапазоны частот таких сигналов (по уровню – 10 дБ) составляют соответственно 0,5-3,5 ГГц и 1-9 ГГц (это миллиметровые и сантиметровые электромагнитные волны). Выбор именно таких характеристик импульсов обусловлен следующим:

- импульсы с формой 1-й производной функции Гаусса выбраны исходя из простоты реализации. СШП-сигналы нижнего частотного диапазона (0,5-3,5 ГГц) не соответствуют спектральной маске FCC. СШП-сигналы средне-

го частотного диапазона (1-9 ГГц) соответствуют спектральной маске FCC, что достигается путём простой внешней фильтрации, например, с помощью антенны соответствующего частотного диапазона;

- СШП-сигналы нижнего частотного диапазона (0,5-3,5 ГГц) используются в приложениях, где критичным требованием является низкий уровень затухания при распространении сквозь различные препятствия, строительные конструкции, листовые покровы, почву;

- СШП-сигналы среднего частотного диапазона (1-9 ГГц) используются в приложениях, где наиболее важными требованиями являются высокая точность измерения расстояния до границы раздела двух сред, а также соответствие нормам частотного регулирования.

Высокочастотные составляющие СШП-сигналов предъявляют высокие требования к приемнику. Преобразование *сверхвысокочастотных (СВЧ)* сигналов с частотами в несколько ГГц в цифровую форму требует чрезвычайно быстрых *аналого-цифровых преобразователей (АЦП)*. Как известно из теоремы Котельникова, если аналоговый сигнал имеет ограниченный спектр, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим дискретным отсчётам, взятым с частотой, превосходящей удвоенную максимальную частоту спектра f_c :

$$f > 2f_c,$$

где f – частота, ГГц;

f_c – частота спектра, ГГц.

Для полного восстановления аналогового импульса нижнего диапазона частот в цифровой форме за один тактовый период понадобится частота дискретизации АЦП не менее 7 Гвыб/с, а для полного восстановления аналогового импульса среднего диапазона частот в цифровой форме понадобится частота дискретизации АЦП не менее 18 Гвыб/с.

На рис. 2 изображена функциональная схема модуля Пикор-1 и однокристалльного приемопередатчика СШП-61 (блок серого цвета).

Архитектура однокристалльного приёмопередатчика СШП-61 является когерентной для приложения моностатической радиолокации. Строблируемое окно дискретизации открывается в момент прихода отраженного сигнала. Это позволяет приёмнику накапливать и суммировать множество импульсов, увеличивая отношение сигнал-шум, а также помехоустойчивость.

Основными компонентами модуля являются микросхема однокристалльного приемопередатчика СШП-61 и 32-разрядный ARM-микроконтроллер компании Atmel (США) [7].

Модуль Пикор-1 имеет:

- два разъёма SMA (один для подключения усилителя мощности и передающей антенны, другой для подключения приёмной антенны);
- разъём USB для питания, приёма команд управления и передачи выходного сигнала для дальнейшей обработки на персональном компьютере или модуле обработки;
- разъём для подключения внешнего питания +12 В;
- разъём внешнего тактирования до 100 МГц.

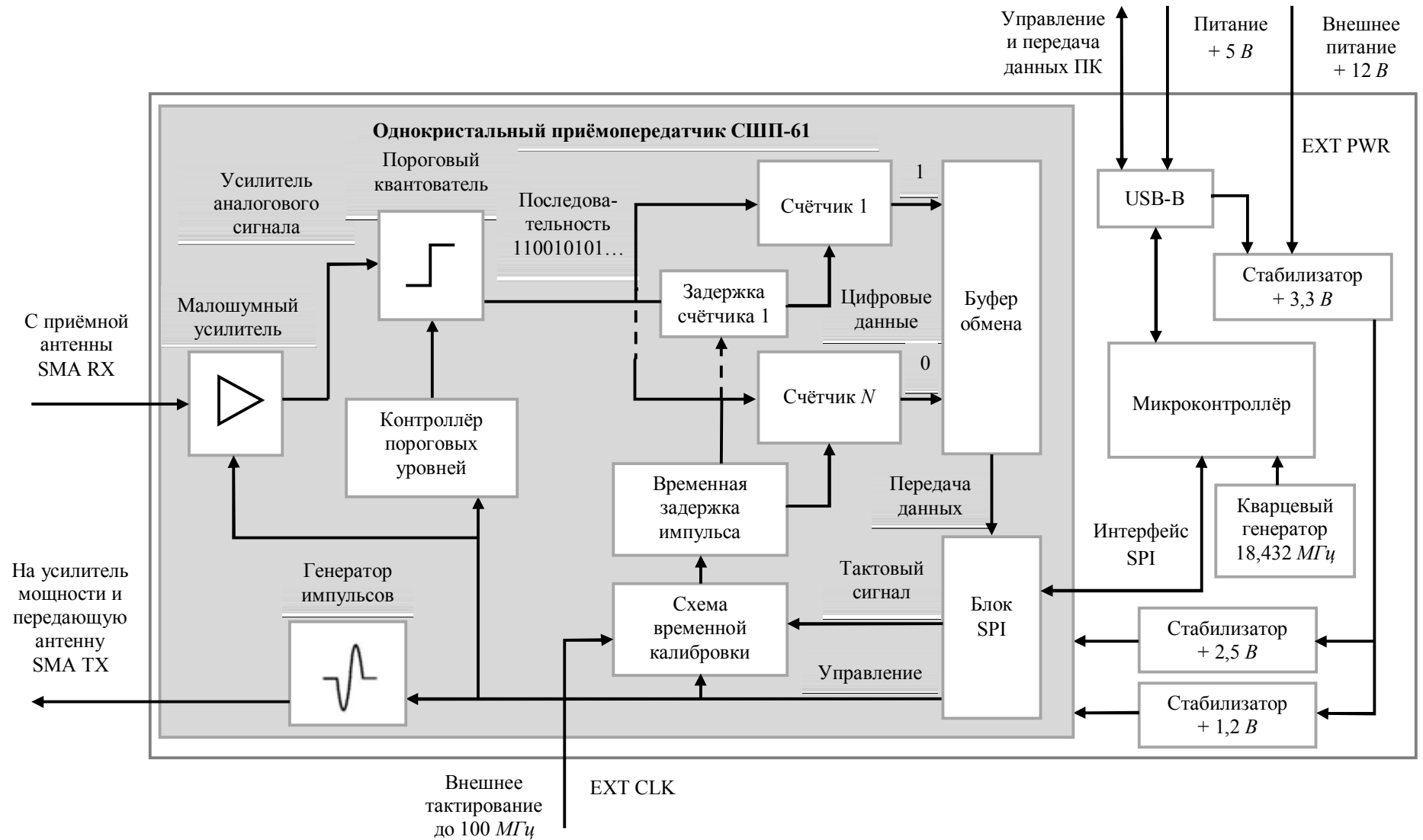


Рис. 2. Функциональная схема модуля Пикор-1 и однокристалльного приёмопередатчика СШП-61

Импульсный СШП-модуль ближней радиолокации Пикор-1 является альтернативой или дополнением к существующим видео, ультразвуковым и инфракрасным датчикам, он открывает новые области применения благодаря своей скорости, разрешению и способности прохождения сигналов через препятствия. Он не требует очистки линз, как оптический датчик, и имеет значительно меньшую стоимость, по сравнению с оптической техникой.

Сферы применения импульсного СШП-модуля ближней радиолокации Пикор-1 отображены на рис. 3.



Рис. 3. Сферы применения импульсного СШП-модуля ближней радиолокации Пикор-1

Оказание экстренной медицинской помощи пострадавшим наиболее эффективно в первые часы после их поражения, обнаружение пострадавших под завалами осуществляет мобильный радиолокационный комплекс, которым управляют оператор и его помощник.

Этот комплекс, созданный в целях обнаружения пострадавших под завалами, в сжатые сроки, используется как аварийно-спасательное средство [1].

В состав мобильного радиолокационного комплекса входят следующие компоненты:

- импульсный СШП-модуль ближней радиолокации Пикор-1 в корпусе, закреплённый на штативе;
- 2 комплекта СШП-антенны Антрад-3;
- планшет либо ноутбук с матовым экраном со специальным программным обеспечением "СШП-Регистр";
- USB-кабель.

Использование мобильного радиолокационного комплекса для поиска пострадавших под завалами [3] позволит значительно сократить время их обнаружения и оказания экстренной медицинской помощи.

Портативный радар "Пикор-Лёд" обеспечивает бесконтактное оперативное измерение толщины льда как в точке, так и в движении при построении профиля ледового покрова вдоль маршрута движения людей и автотранспорта по поверхности замерзших водоёмов и ледовых переправ. Максимальная измеряемая толщина льда до 2 м при точности измерений до 1 см. Длительность работы радара зависит от используемой батареи. Излучаемая мощность в сотни раз меньше, чем у сотового телефона или Wi-Fi роутера.

Характеристики радара "Пикор-Лёд" приведены в табл. 2. Результаты измерений записываются, и при привязке к координатам наблюдения с помощью GPS возможно построение профиля ледового покрова вдоль заданного маршрута движения.

Таблица 2

Характеристики портативного радара "Пикор-Лёд"

Измеряемая толщина льда	до 2 м
Точность измерения	1 см
Время автономной работы	4 ч
Габаритные размеры	344×166×20 мм
Масса	1,5 кг
Время подготовки к работе	1 мин
Страна производства	Россия

В состав радара "Пикор-Лёд" входят:

- радарный блок с USB-кабелем;
- блок обработки и визуализации на базе стандартного планшетного компьютера;
- устройство крепления.

Аварии строительных конструкций зданий и сооружений наносят значительный экономический ущерб и часто сопровождаются гибелью и ранением людей.

С использованием СШП-модуля Пикор-1 осуществляется мониторинг технического состояния несущих конструкций зданий и сооружений [5]. Для обеспечения данными, необходимыми для выдачи заключения по этапам мони-

торинга технического состояния конструкций зданий и сооружений, непрерывно в автоматическом режиме контролируются и фиксируются параметры:

- вертикальные перемещения нитей и внутреннего кольца покрытия;
- горизонтальные перемещения наружного опорного кольца;
- горизонтальные и вертикальные перемещения каркаса здания в местах опирания наружного кольца покрытия;
- осадки каркаса здания в местах опирания наружного кольца покрытия;
- снеговая нагрузка на поверхности покрытия;
- уровень воды на кровле (замеряется в случае засора воронок и обильных осадков);
- вес кровли в процессе эксплуатации сооружения и др.

Принятие решений по обеспечению безопасности технического состояния объекта принимается в соответствии с рекомендациями, приведёнными в табл. 3.

Таблица 3

Решения по обеспечению безопасности объекта

Состояние объекта	Решения по обеспечению безопасности
Проектное	<p>Непрерывный автоматический мониторинг параметров кровли (несущей железобетонной конструкции) с выдачей аварийных сообщений (сигналов) с объекта.</p> <p>Годовой, ежеквартальный мониторинг с выдачей заключений.</p>
Ограниченно работоспособное	<p>Непрерывный автоматический мониторинг параметров кровли (несущей железобетонной конструкции) с выдачей аварийных сообщений (сигналов) в дежурно-диспетчерскую службу объекта.</p> <p>Переход на еженедельный и/или ежедневный мониторинг с выдачей заключений. Проведение обследования. Выявление и устранение причин изменения технического состояния конструкций кровли.</p>
Аварийное	<p>Выполнение вспомогательных мониторинговых измерений и обследования. Выявление причин изменения технического состояния конструкций кровли (несущей железобетонной конструкции).</p> <p>Выполнение экстренных инженерно-технических мероприятий. При необходимости вызов спасателей.</p>

Система управления силами и средствами осуществляет контроль местонахождения личного состава в зоне ЧС. Система позволяет координировать действия подразделений, определять точное местонахождение личного состава.

Производство и поставку импульсных СШП-модулей ближней радиолокации Пикор-1, предназначенных для поиска пострадавших под завалами, лавинами, бесконтактного оперативного измерения толщины льда в точке и при построении профиля ледового покрова вдоль маршрута движения людей и транспорта, мониторинга несущих строительных конструкций зданий и сооружений, а также управления силами и средствами при ликвидации ЧС осуществляет Конструкторское бюро опытных работ Концерна "Созвездие" [4].

Литература

1. **Федеральный закон** от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ "Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей".
2. **ГОСТ Р 22.0.02**. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
3. **ГОСТ Р 22.9.04-95**. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Средства поиска людей в завалах.
4. **Официальный** сайт Конструкторского бюро опытных работ Концерна "Созвездие". <http://www.kbor.ru>.
5. **Батырев В.В., Волков О.С., Качанов С.А.** Технологии создания структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений // Монография. М.: ВНИИ ГОЧС МЧС России, 2011. С. 270.
6. **Многофункциональный** портативный радар для измерения толщины льда / Топольский Н.Г., Симаков В.В., Зеркаль А.Д. и др. // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 1 (41). Февраль 2012. 5 с. <http://ipb.mos.ru/ttb/2012-1>.
7. **Мобильный** радиоэлектронный комплекс для поиска пострадавших при чрезвычайных ситуациях / Симаков В.В., Топольский, Серёгин Г.М. и др. // Материалы двадцатой научно-технической конференции "Системы безопасности – 2011". М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. С. 9-12.
8. **Мокшанцев А.В.** Поиск людей под завалами с помощью мобильного радиолокационного комплекса // Материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов "Проблемы техносферной безопасности 2012". М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. С. 119-120.