

*Н.Г. Топольский¹, В.В. Симаков², А.Д. Зеркаль²,
Г.М. Серегин², А.В. Мокшанцев¹, С.В. Агеев³*
(¹Академия ГПС МЧС России, ²Конструкторское бюро опытных работ,
³ВНИИ ГОЧС МЧС России; e-mail: ntp-tsb@mail.ru)

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ РАДАР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ЛЬДА

Исследованы возможности измерений толщины льда многофункциональным портативным радаром "Пикор-Лёд" в интересах обеспечения безопасности ледовых переправ, массового отдыха и зимней рыбалки на льду.

Ключевые слова: радар, лёд, измерения, переправа.

*N.G. Topolsky, V.V. Simakov, A.D. Zerkal,
G.M. Seregin, A.V. Mokshantsev, S.V. Ageev*

THE MULTIFUNCTIONAL PORTABLE RADAR FOR ICE THICKNESS MEASURING

Researching the possibilities of ice thickness measuring by means of the multifunctional portable radar "Pikor-Ice" to ensure the safety of ice crossings, public recreation and winter fishing on the ice.

Key words: radar, ice, measuring, crossing.

Большинство водоёмов в течение холодного времени года покрывается ледяным покровом.

Согласно нормативам, минимальное значение толщины льда для безопасного нахождения человека составляет 5 см, для передвижения на снегоходах и транспортных средствах массой до 2 тонн – 15 см. Утолщение льда на каждые 5 см допускает увеличение нагрузки на одну тонну. Если толщина льда составляет более 30 см, то при увеличении её на каждые 5 см допускается увеличение общей нагрузки на 2,5 тонны (табл. 1).

Данные нормативы действуют только для льда, не подвергавшегося оттепелям. При наличии на водоёме тёплых течений возможно уменьшение толщины льда, что повышает опасность передвижения по его поверхности.

Классификация льдов основывается на динамике вод, размере водной поверхности и ходе развития ледяного покрова. На водоёмах со стоячей водой или очень слабыми течениями формируется так называемый **водный лёд**. Этот лёд формируется из местной воды и отличается большей плотностью и прочностью. Водный лёд характеризуется относительно ровной нижней поверхностью.

Безопасные нормативы толщины льда в зависимости от нагрузки

Нагрузка	Масса, тонн	Толщина льда, безопасная для передвижения при температуре воздуха от -1 до -25 °С, см		Предельное расстояние до кромки льда, м	
		морской лёд	речной лёд	морской лёд	речной лёд
Человек в походном снаряжении	0,1	8	7	5-3	4-2
Нарты гружёные с упряжкой собак	0,8	14-13	13-12	11	10
Автомобиль с грузом	3,5	38-30	34-25	19	16
Трактор гусеничный	8,4	60-47	52-39	25	22
Автомобиль 5-тонный с грузом	10,0	64-50	56-42	26	24
Сверхтяжёлый груз	40,0	124-96	109-80	38	38

На водоёмах с быстрыми течениями формируется *водно-шуговой лёд*, который характеризуется меньшей прочностью и большей пористостью. Водно-шуговой лёд преимущественно имеет неровную нижнюю границу.

В период ледостава на водоёмах вблизи трасс или населённых пунктов организуются *автомобильные ледовые переправы*. Официальное разрешение на их эксплуатацию даётся в том случае, если толщина льда достигает определенной величины. Например, автомобильная ледовая переправа с ограничением по грузоподъемности до 10 тонн разрешается при толщине льда не менее 40-50 см.

Толщина льда в течение периода эксплуатации ледовой переправы может меняться под воздействием как погодных, так и техногенных факторов. Следовательно, возникает необходимость постоянного контроля состояния ледовой переправы, регулярных измерений толщины льда, отслеживания трещиноватых зон и прочих дефектов.

Минимальная толщина льда, которая возможна на автомобильных ледовых переправах, составляет 0,4-0,5 м, в то время как максимальная – может составлять 2-3 м.

Для исследований возможностей измерений толщины льда по времени прихода отражённых сигналов от поверхностей раздела сред (снег-вода-лёд) были проведены контрольные измерения с применением бурения контрольных лунок.

Исследованы возможности бесконтактных оперативных измерений толщины льда в реальных условиях работы. Испытания были проведены 4 февраля 2012 г. на базе *Государственной инспекции по маломерным судам (ГИМС)* МЧС России на Пироговском водохранилище (Московская область) (рис. 1).



Рис. 1. Испытания макета радара при участии инспекторов МЧС России

Объектом испытаний был макетный образец многофункционального портативного радара "Пикор-Лёд" (рис. 2, 3).



Рис. 2. Макет многофункционального портативного радара "Пикор-Лёд"

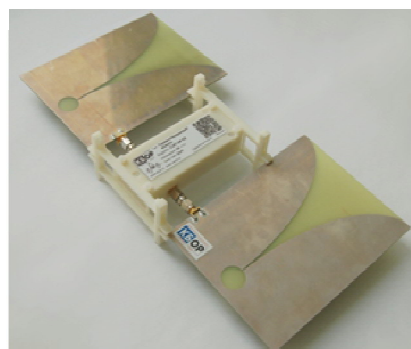


Рис. 3. Макет многофункционального портативного радара "Пикор-Лёд" без блока обработки и визуализации

Технические характеристики макетного образца портативного радара "Пикор-Лёд":

- тип зондирующего сигнала – импульсный, без несущей частоты;
- длительность импульсов зондирующего сигнала – 500 нс ;
- амплитуда импульсов – до 6 В ;
- потребляемая мощность – 450 мВт ;
- масса – $0,8\text{ кг}$;
- точность измерений – до 4 мм .
- частота обновления информационных данных – 115 Гц .

На рис. 4 показана радарограмма и форма отражённого сигнала при зондировании ледяного покрова. Как видно из рисунка, зондирование проводилось с отрывом от поверхности льда, высота радара над поверхностью составила $0,65\text{ м}$. На рисунке видна граница "лёд-вода". Толщина ледового покрова рассчитывалась как разница между максимумами отражения от границ "воздух-лёд" и "лёд-вода". Она составила $42,3\text{ см}$. В месте проведения измерения была пробурена лунка и измерена её глубина. Она составила 43 см . Таким образом, данные, полученные с помощью макетного образца радара, подтверждают данные, полученные при бурении лунки с погрешностью измерения $1,62\%$.

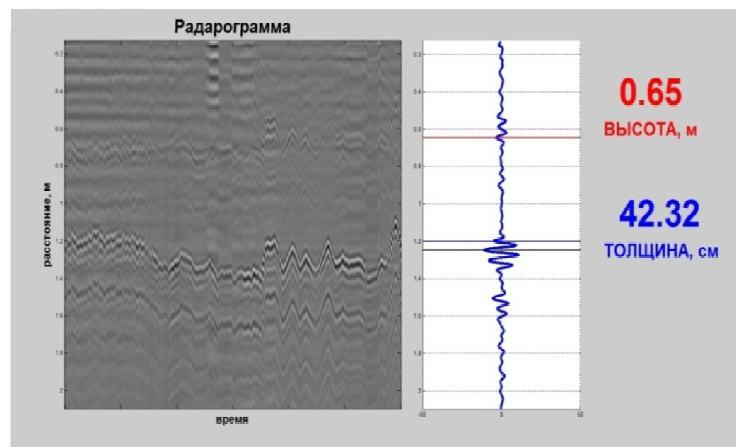


Рис. 4. Результаты измерений толщины льда с контрольным бурением

Проведены также измерения толщины ледяного покрова при движении человека от берега, которые показали возможности работы макета радара при наличии снежного покрова (рис. 5) и при отсутствии водяного слоя подо льдом (рис. 6).

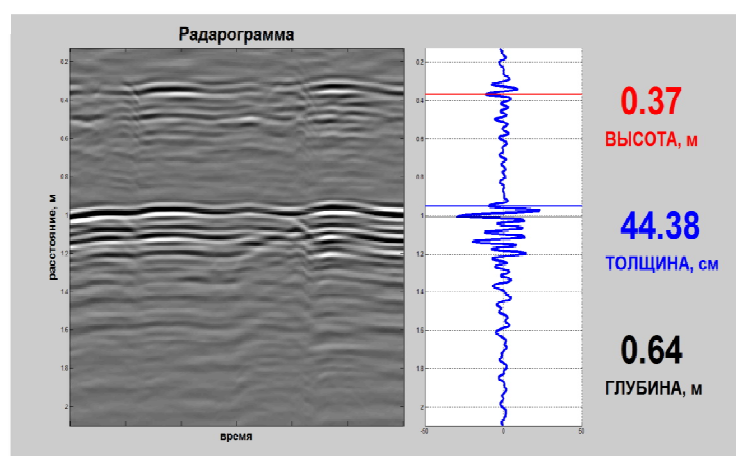


Рис. 5. Результаты измерений толщины льда при наличии снежного покрова

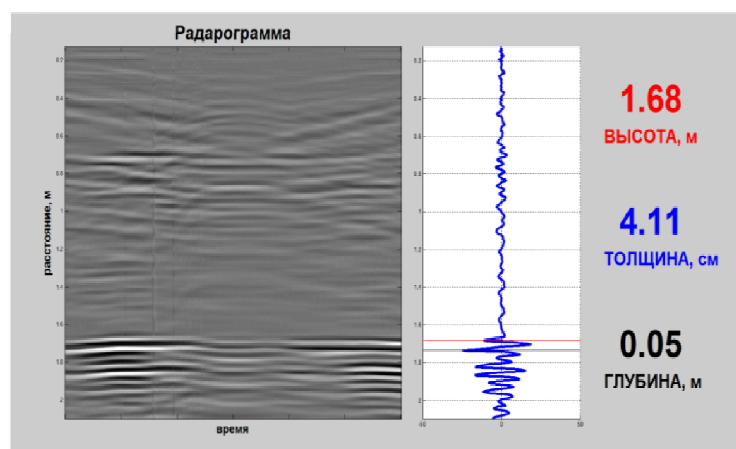


Рис. 6. Результаты измерений толщины льда, лежащего на грунте

Применение технологии импульсного зондирования ледяного покрова даёт возможность получать на радарограмме границу раздела сред воздух-лёд, лёд-вода, вода-грунт, что позволяет создать компактное переносное устройство по измерению толщины льда в реальном времени.

В процессе испытаний от инспекторов ГИМС МЧС России получена полезная информация, касающаяся требований к конструкции и облику конечного серийного изделия.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о возможности и перспективности использования многофункционального портативного радара "Пикор-Лёд" для применения в составе комплексов бесконтактного оперативного измерения толщины льда в точке и при построении профиля ледового покрова вдоль маршрута движения людей и транспорта.

Применение в ГИМС МЧС России многофункционального портативного радара "Пикор-Лёд" для измерений толщины льда позволяет в реальном времени проводить мониторинг толщины ледового покрова на водоёмах и ледовых переправах с целью дальнейшей передачи и обработки информации в ЦУКС субъекта Российской Федерации. Мониторинг толщины ледового покрова необходим для предотвращения чрезвычайных ситуаций на воде.

Рекомендуется провести испытания и опытную эксплуатацию образца многофункционального портативного радара "Пикор-Лёд" совместно с сотрудниками МЧС России в реальных условиях в местах массового отдыха на льду, зимней рыбной ловли и ледовых переправ.

Производство и поставку многофункционального портативного радара "Пикор-Лёд", предназначенного для бесконтактного оперативного измерения толщины льда в точке, при построении профиля ледового покрова вдоль маршрута движения людей и транспорта осуществляет Конструкторское бюро опытных работ Концерна "Созвездие" [3].

Литература

1. *Мобильный* радиоэлектронный комплекс для поиска пострадавших при чрезвычайных ситуациях / Симаков В.В., Топольский Н.Г., Серегин Г.М. и др. // Материалы двадцатой научно-технической конференции "Системы безопасности – 2011". М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. С. 9-12.

2. *Инфокоммуникационные* технологии в кризисных ситуациях: монография / Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Симаков В.В. и др. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 133 с.

3. *Официальный* сайт Конструкторского бюро опытных работ Концерна "Созвездие". <http://www.kbor.ru>.