

В.В. Симаков, д.т.н., профессор; А.Д. Зеркаль; Г.М. Серегин

КОНТРОЛЬНО-ИНДИКАЦИОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ И СТРУКТУРЫ ЛЬДА

В статье исследованы возможности определения толщины льда контрольно-индикационным прибором «Пикор-Лёд» в интересах обеспечения безопасности ледовых переправ, массового отдыха и зимней рыбалки на льду.

Ключевые слова: прибор, лёд, толщина, переправа.

In the article researching the possibilities of ice thickness determination by means of the control indication device «Picor-Ice» to ensure the safety of ice crossings, public recreation and winter fishing on the ice.

Keywords: device, ice, thickness, 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, разmere 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.

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.

Таблица 1

Наименование груза	Масса, т	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 груженные 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
Сверхтяжелый груз	40,0	124-96	109-80	38	38

В настоящее время становится актуальной задача автоматизации процесса определения толщины льда без контакта с его поверхностью с помощью специальных технических средств и уход от ручного бурения лунок с помощью ледобуров. На рынке появляется соответствующая аппаратура, построенная по принципу георадара. Были проведены её испытания для исследования возможностей определения толщины льда по времени прихода отражённых сигналов от поверхностей раздела сред (снег-вода-лёд) с применением бурения контрольных лунок.

Исследованы возможности бесконтактных оперативных определений толщины льда в реальных условиях работы. Испытания были проведены на Пироговском водохранилище (Московская область) на базе Государственной инспекции по маломерным судам (ГИМС) МЧС России, в Строгино на базе поисково-спасательной станции Строгинский затон ГУ «МГПСС» ГУ МЧС России по г. Москве, на ледовой переправе через р. Подкаменная Тунгуска (пос. Ванавара Красноярского края).

Объектом испытаний был опытный образец контрольно-индикационного прибора для определения толщины льда «Пикор-Лёд» (рис. 1).



Рис. 1. Опытный образец контрольно-индикационного прибора «Пикор-Лёд»

Прибор состоит из контрольного блока, блока обработки и визуализации на базе планшетного компьютера с установленным прикладным программным обеспечением и устройства крепления.

Технические характеристики опытного образца прибора «Пикор-Лёд»:

- измеряемая толщина льда до 2 м;
- точность измерения до 1 см;
- время автономной работы 4 ч;
- габаритные размеры контрольного блока 35 × 17 × 2 см;
- масса 1,5 кг;
- время подготовки к работе 1 мин.

Все полевые испытания прибора проводились в различных погодных условиях и при различных структурах льда. Испытания на Пироговском водохранилище (Московская область) на базе Государственной инспекции по маломерным судам (ГИМС) МЧС России (рис. 2) проводились при температуре -20°C при монолитной структуре льда.



Рис. 2. Испытания прибора «Пикор-Лёд» на базе ГИМС МЧС на Пироговском водохранилище

На рисунке 3 показан интерфейс прикладного программного обеспечения. Как видно из рисунка, зондирование проводилось с отрывом от поверхности льда, высота прибора над поверхностью составила 0,97 м. С помощью программного обеспечения рассчитывалась разница между максимумами отражения от границ «воздух-лед» и «лед-вода», т.е. толщина ледового покрова. Она составила согласно данным обработки 60 см. В месте проведения измерения была пробурена лунка и измерена её глубина с помощью ледобура и мерной рейки. Глубина лунки составила 61 см. Таким образом, данные, полученные с помощью опытного образца прибора, подтверждают данные, полученные при бурении лунки, с погрешностью измерения 1,6 %.

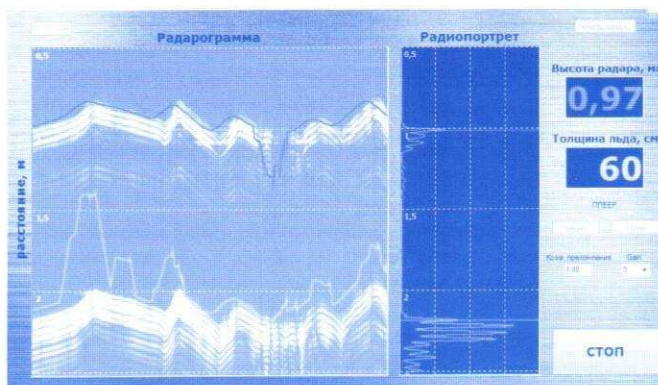


Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения прибора «Пикор-Лёд»

Испытания в Строгино на базе поисково-спасательной станции Строгинский затон ГУ «МГПСС» ГУ МЧС России по г. Москве проводились при температуре около 0°C (рис. 4).



Рис. 4. Испытания прибора «Пикор-Лёд» на базе ПСС МЧС в Строгино

В данных условиях измерения проводились на рыхлом неоднородном льду со сложной структурой, состоящей из снега, твердого льда, шуги, полостей воздуха и воды. В результате неоднородной структуры льда с различными параметрами диэлектрической проницаемости на радарограмме прибора отображались несколько кривых, показывающих границы раздела различных слоев структуры снег-твердый лёд-шуга-вода.

Для проверки возможности определения толщины льда в движении были проведены испытания прибора «Пикор-Лёд», контрольный блок которого был закреплен на носу судна на воздушной подушке «Хивус», а модуль обработки и визуализации выведен к месту водителя (рис. 5). Показания прибора изображены на рис. 6.



Рис 5. Испытания прибора «Пикор-Лёд» при движении на транспортном средстве



Рис 7. Испытания прибора «Пикор-Лёд» на ледовой переправе (пос. Ванавара Красноярского края)

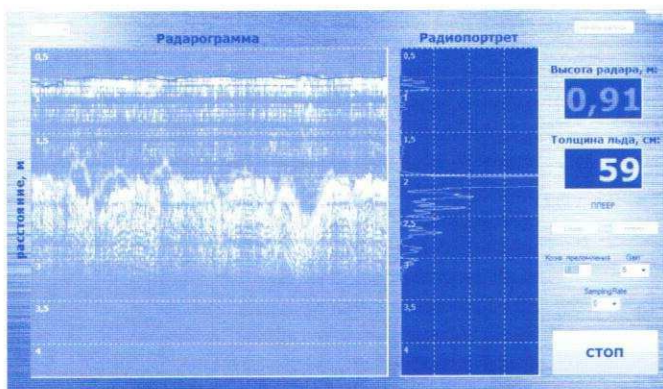


Рис 6. Показания прибора «Пикор-Лёд» при измерении толщины льда в движении

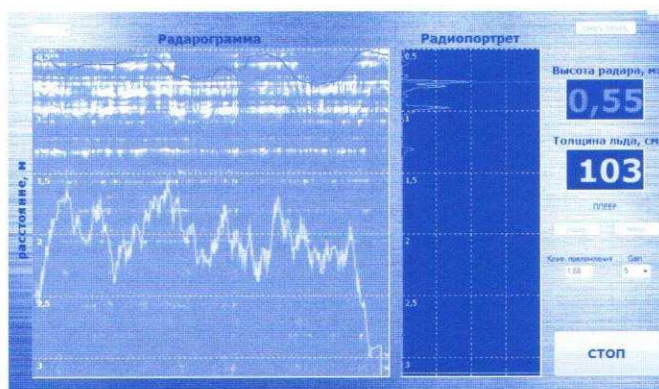


Рис 8. Показания прибора «Пикор-Лёд» при определении толщины льда более 1 м

Данными испытаниями была подтверждена возможность определения толщины льда при движении на транспортном средстве со скоростью до 40 км/ч без потери точности, при этом водитель в кабине может проводить визуальный контроль за состоянием и толщиной льда в области маршрута транспортного средства.

Были проведены испытания прибора «Пикор-Лёд» на действующей ледовой переправе через р. Подкаменная Тунгуска (пос. Ванавара Красноярского края) (рис. 7). В местах с толщиной льда более 100 см, либо в местах с водяными прослойками отсутствовала чёткая нижняя граница льда. Измерение значений толщины льда более 1 м было возможно при максимально возможном приближении контрольного блока прибора к верхнему слою льда (рис. 8).

Проведенные полевые испытания показали принципиальную работоспособность прибора «Пикор-Лёд» в реальных условиях эксплуатации. Система бесконтактного контроля и индикации толщины льда показала полное соответствие техническим требованиям и техническим характеристикам, предъявляемым к изделию. После проведения ряда мер по доработке данной модификации изделия «Пикор-Лёд», прибор может поставляться с данными функциональными возможностями основным заказчикам – подразделениям ГИМС МЧС России, организациям, работающим в условиях Арктики, нефте- и газодобычи, на ледовых переправах, аэродромах и т.д.

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. Топольский Н.Г., Симаков В.В., Зеркаль А.Д., Серегин Г.М., Мокшанцев А.В., Агеев С.В. Многофункциональный портативный радар для измерения толщины льда. – Технологии техносферной безопасности, № 1(41) - февраль 2012 г.
4. Симаков В.В., Зеркаль А.Д., Серегин Г.М. Многофункциональный портативный радар на основе сверхкоротких импульсов без несущей частоты. – Специальная техника, № 2, 2012 г.

Симаков Владимир Викторович - генеральный директор ОАО «КБОР».

115093, г. Москва, 1-й Щипковский пер., д. 3, тел. (499) 235-83-27, info@kbor.ru;

Зеркаль Андрей Дмитриевич - начальник отдела ОАО «КБОР», -/ -/;

Серегин Григорий Михайлович - руководитель экспертно-аналитического центра ОАО «КБОР», -/ -/.