Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2025, Том 17, № 4 / 2025, Vol. 17, Iss. 4 https://esj.today/issue-4-2025.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/06SAVN425.pdf

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Маринин, А. Н. Анализ снижения затрат на строительство и эксплуатацию ледовых переправ за счет применения георадиолокационного метода обследования / А. Н. Маринин, А. А. Протопопова, Н. Н. Галич, Ноздрюхина С. А. // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 4. — URL: https://esj.today/PDF/06SAVN425.pdf.

For citation:
Marinin A.N., Protopopova A.A., Galich N.N., Nozdryukhina S.A. Analysis of reducing the cost of building and operating ice crossings by using the georadar survey method. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(4): 06SAVN425. Available at: https://esj.today/PDF/06SAVN425.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.21

Маринин Александр Николаевич
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: a-marinin@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1848-730X
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=625628

Протопопова Анастасия Александровна
ООО «НК «Роснефть» — научно-технический центр», Краснодар, Россия
Заместитель начальника Управления промышленного строительства
E-mail: aamislivskaya@ntc.rosneft.ru

Галич Николай Николаевич
ООО «НК «Роснефть» — научно-технический центр», Краснодар, Россия
Главный специалист отдела генеральных планов и дорог
E-mail: nngalich@ntc.rosneft.ru

Ноздрюхина Софья Андреевна
ООО «НК «Роснефть» — научно-технический центр», Краснодар, Россия
Ведущий инженер-проектировщик отдела генеральных планов и дорог
E-mail: SA_Moskalenko@ntc.rosneft.ru

Анализ снижения затрат на строительство и эксплуатацию ледовых переправ за счет применения георадиолокационного метода обследования

Аннотация. В условиях освоения нефтегазовых месторождений в северных регионах России строительство ледовых переправ играет ключевую роль в обеспечении транспортной доступности к отдалённым объектам. Основным параметром их эксплуатационной безопасности является грузоподъемность, зависящая от толщины льда. В работе проведен анализ традиционного подхода к оценке грузоподъемности, основанного на ручном бурении лунок и измерении толщины льда рейкой. Выявлены его основные недостатки — трудоемкость, длительность выполнения работ и низкая информативность, поскольку данные собираются только в точечных участках, что не позволяет получить полное представление о состоянии всей ледовой конструкции.

В качестве более эффективной альтернативы предложен георадиолокационный метод обследования с использованием ледомера. Данный метод обеспечивает оперативное и точное определение толщины льда по всей длине переправы, выявление трещин, промоин и других дефектов, а также автоматический расчет грузоподъемности в режиме реального времени. Проведен технико-экономический анализ: внедрение георадара позволило значительно снизить трудозатраты и повысить качество мониторинга. Разработана улучшенная стратегия эксплуатации, включающая профилактические мероприятия (усиление льда намораживанием) на основе данных георадиолокационного обследования, что способствует увеличению срока службы переправы. Таким образом, применение георадиолокационного метода повышает эффективность, безопасность и экономическую целесообразность эксплуатации ледовых переправ, особенно при разработке месторождений в сложных климатических условиях. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и содержании зимних дорог и переправ в инфраструктуре топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: ледовая переправа; георадиолокационный метод; грузоподъемность; толщина льда; ледомер; мониторинг состояния льда; стратегия эксплуатации

Строительство насыпей автомобильных дорог, площадок под строительство, кустов и других земляных сооружений в рамках обустройства нефтяных и газовых месторождений требует значительных объемов добычи песка, разработка которого производится из близлежащих карьеров.

Ввиду автономного характера большинства карьеров возникает необходимость строительства зимних автомобильных дорог и ледовых переправ для доступа к ним. В России ледяные переправы стали применяться еще с конца XIX века и получили широкое распространение особенно в северных регионах страны [1]. При этом остается актуальной задача по применению современных средств мониторинга и обследования ледовых переправ в составе зимних автомобильных дорог с целью увеличения срока их службы, обеспечения грузоподъемности и оптимизации затрат на этапах строительства и эксплуатации переправ в составе транспортной инфраструктуры нефтяных и газовых месторождений [2; 3].

В рамках данной работы выполнена оценка возможности применения георадиолокационного метода обследования ледовых переправ в части контроля их грузоподъемности.

Целью работы являлась оценка эффективности применения георадиолокационного метода для мониторинга грузоподъемности ледовых переправ с учетом определения оптимальной стратегии эксплуатации с целью пролонгации срока их службы.

Авторами были сформулированы несколько основных задач:

- определение и анализ основных подходов к реализации регламента работ по строительству и эксплуатации ледовых переправ;
- формирование оптимальной стратегии эксплуатации ледовых переправ с учетом автоматизации производства работ по оценке их грузоподъемности;
- выполнение технико-экономического сравнения рассматриваемых подходов.

В рамках данной работы в качестве объекта исследования была принята ледовая переправа через р. Енисей в районе г. Игарка, расположенная в Красноярском крае (рис. 1, 2, табл. 1).

К существующим основным нормативным документам, регламентирующим строительство и эксплуатацию ледовых переправ и зимних автомобильных дорог, можно отнести «Инструкцию

по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ (ОДН 218.010-98)»[1], «Методические рекомендации по оценке грузоподъемности ледовых переправ ОДМ 218.4.030-2016»[2] и ГОСТ Р 58948-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы.

Таблица 1

Основные характеристики ледовой переправы

Характеристика	Показатель
Категория переправы	I
Длина переправы	3 965 м
Ширина переправы (полосы движения)	20 м
Количество ниток ледовой переправы	1 шт.
Поперечный уклон проезжей части	0 ‰
Расчетная интенсивность	до 150 авт./сут.
Скорость движения по льду	не более 5 км/час
Минимальная грузоподъемность переправы	5 т
Максимальная грузоподъемность переправы	100 т

Составлено авторами

Рисунок 1. *Ледовая переправа через р. Енисей в районе г. Игарка (фото авторов)*

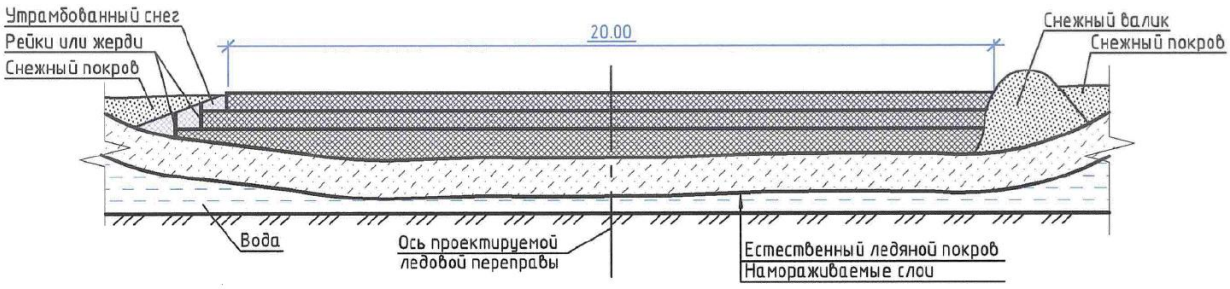


Рисунок 2. *Поперечный профиль ледовой переправы (составлено авторами)*

[1] ОДН 218.010-98. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ. — М.: РОСДОРНИИ, 1998. — 40 с.

[2] ОДМ 218.4.030-2016. Методические рекомендации по оценке грузоподъемности ледовых переправ. — М.: РОСАВТОДОР, 2019. — 32 с.

Технические правила устройства и содержания».[3]

Главным критерием, определяющим срок эксплуатации ледовой переправы, является грузоподъемность. Зависимость между требуемой (расчетной) толщиной льда и несущей способностью ледовой переправы согласно ОДМ 218.4.030–2016[2]:

$$h_{\text{тр}} = 11 \cdot n_{\text{и}} \cdot \sqrt{P}, \quad (1)$$

где:

$n_{\text{и}}$ — коэффициент, учитывающий интенсивности движения (ГОСТ Р 58948-2020, Приложение В, таблица В.1);

P — полная масса нагрузки, т.

Согласно требованиям ОДН 218.010-98[1] и ГОСТ Р 58948-2020[3] предусмотрен двухстадийный подход к реализации регламента работ по строительству ледовой переправы.

На стадии строительства:

1. Устройство лунок для измерения толщины льда.
2. Контрольное измерение толщины льда по всей намеченной трассе ледовой переправы с целью определения несущей способности естественной толщи льда.
3. Послойное намораживание льда в несколько слоев (число слоев определяется в зависимости от требуемой грузоподъемности).

На стадии эксплуатации:

1. Измерение толщины ледяного покрова с целью определения условий пропуска по ледовой переправе (количество измерений устанавливается в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58948-2020[3] в зависимости от погодных условий).

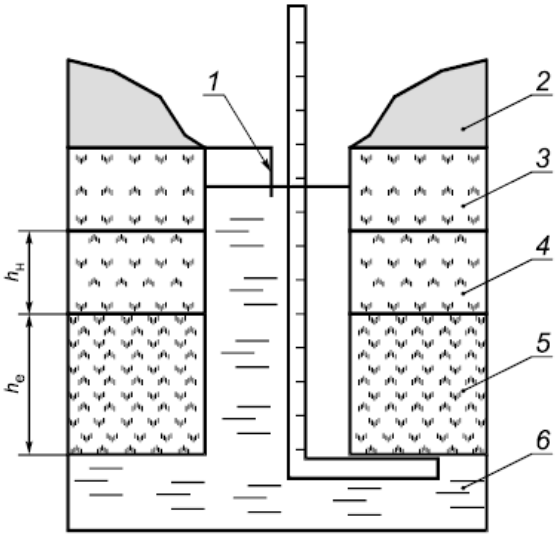
Согласно требованиям ГОСТ Р 58948-2020[3] для обеспечения рабочего состояния ледовых переправ необходимо производить оценку несущей способности льда с целью определения условий пропуска (скорость движения и дистанция между автомобилями) по ледовой переправе. Такая оценка производится не менее двух раз в месяц, в местах с быстрым течением и на других наиболее опасных участках — раз в семь дней, а весной и при зимних оттепелях с температурой воздуха выше 0°С выполняется ежедневно.

По результатам проведенного расчета грузоподъемности рассматриваемой ледовой переправы было установлено, что требуется толщина льда 25 см для обеспечения минимальной грузоподъемности (5 т) и 110 см для обеспечения максимальной (100 т).

В рамках применяемого на практике подхода предусматривается устройство лунок ручным буром и проведение измерений толщины льда ледоснегомерной рейкой (рис. 3). Замеры необходимо производить в каждой лунке (через каждые 10 м). Для определения несущей способности объекта исследования измерения проводятся с периодичностью 12 раз, суммарное число измерений составляет 4 764.

Для автоматизации работ по оценке грузоподъемности ледовых переправ можно предусмотреть применение георадиолокационного метода обследования, который основан на излучении импульсов электромагнитных волн от георадара и регистрации сигналов, отраженных от различных объектов зондируемой среды [4–7].

[3] ГОСТ Р 58948-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания. — М.: Стандартинформ, 2020.



1 — уровень воды в лунке; 2 — снег; 3 — снеговый лед; 4 — намороженный лед; 5 — естественный лед; 6 — вода; $h_е$ — толщина естественного льда; $h_н$ — толщина намороженного льда

Рисунок 3. *Измерение толщины ледяного покрова градуированной рейкой*[3]

Метод состоит из нескольких этапов:

1. Георадиолокационные измерения.
2. Обработка и интепритация радарограмм, т. е. совокупность георадиолокационных трасс, формирующая непрерывный временной электрофизический разрез изучаемой среды.
3. Определение грузоподъемности.
4. Назначение мероприятий на этапе эксплуатации.
5. Определение условий пропуска транспортных средств на ледовой переправе.

Методика применения георадиолокационного метода для проведения измерений толщины льда на ледовых переправах достаточно подробно описана в ОДМ 218.4.030-2016.[2]

Авторами настоящей работы был проведен анализ производителей оборудования для использования георадиолокационного метода. На основе анализа характеристик оборудования для проведения георадиолокационных измерений был выбран ледомер ЛД-400 ввиду возможности проведения измерений при температуре до минус 40°С (табл. 2).

Таблица 2

Основные технические характеристики ледомера ЛД-400

Характеристика	Показатель
Диапазон измерения толщины льда — Пресный лед — Морской лед	 0,2–8,0 м 0,2–1,5 м
Разрешающая способность георадара по толщине	0,1 м
Масса	5,5 кг
Диапазон рабочих температур	**-40 — +50°С**
Габариты	0,5×0,3×0,15 м
Частота антенного блока	400 МГц

Источник[4]

[4] Ледомер — ЛД-400 // ГЕОТЕХ URL: https://www.geotech.ru/ledomer_400/ (дата обращения: 22.02.2025).

Ледомер ЛД-400 представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для бесконтактного и контактного измерения толщины пресных и морских льдов, выявления опасных мест (трещин, промоин, пустот) в реальном времени. Он может размещаться на транспорте на внешней подвеске (рис. 4) или на беспилотном летательном аппарате (БПЛА) на внешней подвеске (возможно применение при температуре выше минус 20°С) (рис. 5).

Рисунок 4. *Ледомер ЛД-400, установленный на внешней подвеске на автотранспорте*[5]

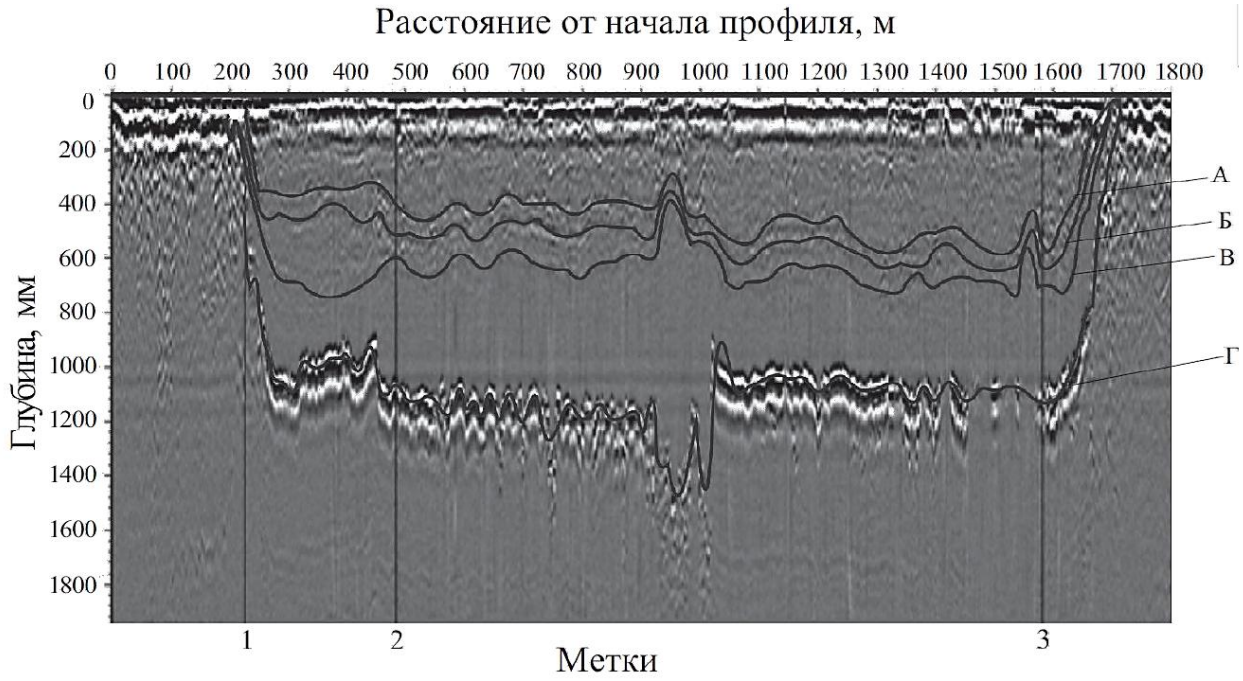
Рисунок 5. *Ледомер ЛД-400, установленный на внешней подвеске на БПЛА*[6]

По результатам георадиолокационных измерений получают радарограмму и проводят картирование.

Сведения о толщине льда (а соответственно и о грузоподъемности) получают с помощью специализированного программного обеспечения (ПО) в реальном времени (рис. 6, 7).

[5] Ледомер. Испытания в Арктике. // ГЕОТЕХ URL: https://www.geotech.ru/ledomer_ispytaniya_v_arktike/ (дата обращения: 22.03.2025).

[6] Модификация ЛД-400 на БПЛА. // ГЕОТЕХ URL: https://www.geotech.ru/ledomer_400_na_bpla/ (дата обращения: 22.03.2025).



А, Б, В — границы намораживания льда; Г — нижний слой естественного льда

Рисунок 6. *Пример радарограммы*[2]

По детальному анализу радарограммы в слое льда в увеличенном масштабе определяют: наличие вертикальных трещин; глубину вертикальных трещин; характер трещин (сквозные или нет); слой расположения вертикальных трещин (естественный, намороженный, шуговой или снеговой лед).

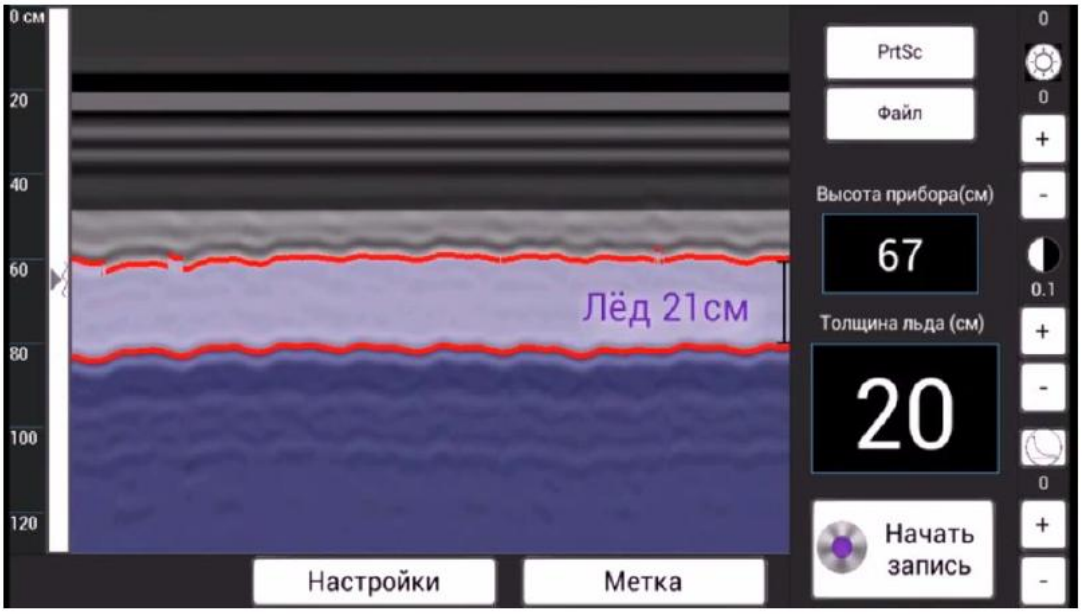


Рисунок 7. *Автоматическое определение толщины льда ледомером ЛД-400 в специализированном ПО*[4]

Сравнение подходов показало, что предлагаемый подход с использованием георадара обладает большим числом преимуществ, среди которых сокращение работ, выполняемых вручную и получение точной визуальной информации по всему створу ледовой переправы в реальном времени (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение подходов к реализации регламента работ

Подход	Преимущества	Недостатки
Применяемый	Низкая стоимость выполняемых измерительных работ. Отсутствие потребности в специализированном образовании кадров. Низкая стоимость оборудования для измерений	Отсутствие полноты картины по всей длине переправы: нет построения полного продольного профиля трассы. Погрешность измерений, вызванная отсутствием информации между двумя точками замера. Большая продолжительность проведения измерений (на 1 промер требуется 5–7 минут). Требуютсязначительныетрудозатратын абурениелунокипроведениеизмерений.
Предлагаемый	Сокращение капитальных и эксплуатационных затрат за счет отсутствия необходимости бурения большого числа лунок. Широкий диапазон измерений. Высокая точность измерений. Получение визуальной информации о толщине льда, нормативной нагрузке, трещинах и неоднородностях в реальном времени. Сокращение трудозатрат на выполнение работ по определению грузоподъемности ледовых переправ.	Необходимость приобретения специализированного оборудования и соответствующего программного обеспечения, обучение персонала.

Составлено авторами

В ходе работы авторами было рассмотрены две стратегии эксплуатации ледовой переправы по аналогии со стратегиями эксплуатации других транспортных сооружений, например мостов [8; 9].

Применяемая в настоящее время стратегия «Мониторинг + ремонт + уход». Срок службы переправы при этом составляет 5,1 месяца (рис. 8, табл. 4).

Предлагаемая стратегия «Мониторинг + ремонт + уход + проведение профилактических работ» составляет 5,3 месяца (рис. 9, табл. 4).

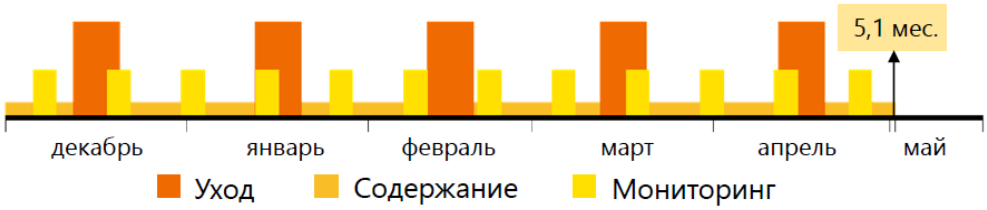
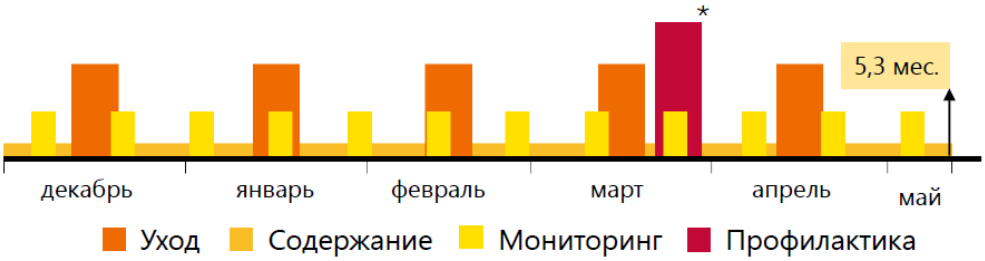


Рисунок 8. *Применяемая стратегия эксплуатации (составлено авторами)*



** — точный период проведения профилактических работ определяется в зависимости от температуры воздуха и толщины льда, полученной в результате георадиолокационного измерения*

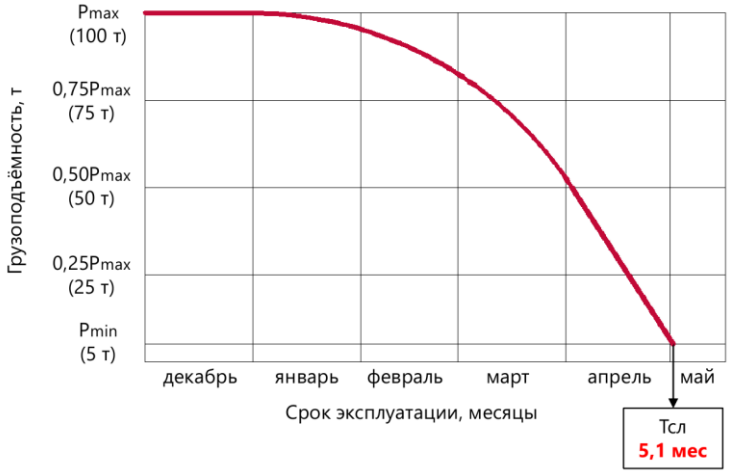
Рисунок 9. *Предлагаемая стратегия эксплуатации: (составлено авторами)*

Таблица 4

Периодичность выполнения работ

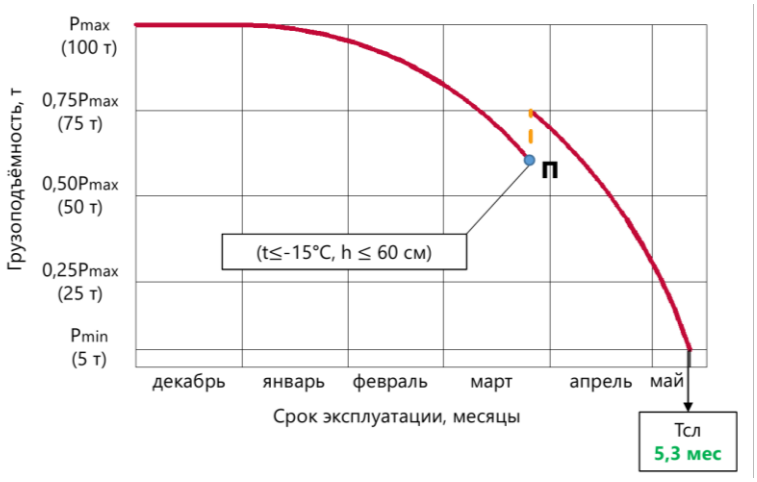
Стратегия эксплуатации			Срок службы
№	виды работ	периодичность выполнения работ	
1	Применяемая стратегия эксплуатации		5,1 месяца
1.1	Мониторинг (измерение толщины льда через лунки)	12 раз за весь период эксплуатации (5,1 мес.)	—
1.2	Ремонт (заделка трещин)	По мере появления дефектов	—
1.3	Уход (очистка от снега, выпрямление вех)	6 раз в месяц	—
2	Предлагаемая стратегия эксплуатации		5,3 месяца
2.1	Мониторинг (георадиолокационный метод)	12 раз за весь период эксплуатации (5,3 мес.)	—
2.2	Уход (очистка от снега, выпрямление вех)	6 раз в месяц	—
2.3	Ремонт (заделка трещин)	По мере появления дефектов	—
2.4	Профилактика (усиление намораживанием льда снизу или сверху)	Не менее 1 раза за весь период эксплуатации	—

Составлено авторами



P_{max} — максимальная грузоподъемность; P_{min} — минимальная грузоподъемность; $T_{сл}$ — срок службы

Рисунок 10. *Жизненный цикл ледовой переправы при стратегии эксплуатации «Мониторинг + ремонт + уход» (составлено авторами)*



P_{max} — максимальная грузоподъемность; P_{min} — минимальная грузоподъемность; $T_{сл}$ — срок службы; П — проведение профилактических работ

Рисунок 11. *Жизненный цикл ледовой переправы при стратегии эксплуатации «Мониторинг + ремонт + уход + проведение профилактических работ» (составлено авторами)*

При применении предлагаемой стратегии эксплуатации наблюдается увеличение срока службы ледовой переправы не менее чем на 5–7 дней за счёт своевременной реализации профилактических работ (намораживание льда снизу или сверху).

На рисунках 9, 10 представлены жизненные циклы ледовых переправ при рассматриваемых стратегиях эксплуатации. Точку «П» возможно определить за счет георадиолокационного метода обследования, так как он позволяет получить визуальную информацию по всему створу ледовой переправы, определить слабые места, ранжировать их по толщине льда и повсеместно или локально проводить работы по намораживанию.

Увеличение срока службы ледовой переправы возможно при проведении профилактических работ в рамках системы эксплуатации переправы (рис. 11). Усиление переправы при профилактических работах может в основном производится намораживанием снизу или сверху [10; 11], в том числе и с использованием специального оборудования [12], а также возможно использование геосинтетических материалов.

При сравнении двух подходов к проведению мониторинга грузоподъемности ледовых переправ было выявлено сокращение необходимого числа лунок для измерений, что приводит к снижению трудозатрат на их бурение и сокращение капитальных и эксплуатационных затрат на 94,96 % (табл. 4). Количество измерений через лунки сократилось при этом почти в 20 раз (с 5 161 до 260).

Таблица 5

Технико-экономическое сравнение методов обследования ледовых переправ

Показатель		Ед. изм.	Применяемый метод	Предлагаемый метод	Экономия
Строительство	Количество лунок, устраиваемых с использованием ручного бура	шт.	397	20	377
	Трудозатраты на бурение лунок	чел.-час.	87,75	4,32	81,43
	Количество измерений толщины льда через лунки	шт.	397	20	377
	Трудозатраты на измерение толщины льда через лунки	чел.-час.	47,25	2,38	44,87
Эксплуатация	Количество лунок, устраиваемых с использованием ручного бура	шт.	4764	240	4 524
	Трудозатраты на бурение лунок	чел.-час.	1 029,02	51,84	977,18
	Количество измерений толщины льда через лунки	шт.	4764	240	4 524
	Трудозатраты на измерение толщины льда через лунки	чел.-час.	566,92	28,56	538,36
Потенциальная экономия за год		%	94,96 %		

Составлено авторами

Ледовые переправы являются регулярными (возобновляемыми на одной и той же трассе каждую зиму в течение ряда лет), поэтому общий экономический эффект от проведения измерений георадиолокационным методом в сравнении с применяемым методом измерения через лунки для исследуемой ледовой переправы за 10 лет составит порядка 77,6 % (рис. 12).

По результатам оценки целесообразности применения георадиолокационного метода для мониторинга грузоподъемности ледовых переправ был разработан оптимальный подход к реализации регламента работ по строительству ледовых переправ и улучшенная стратегия их эксплуатации. Внедрение предлагаемой стратегии эксплуатации (проведение профилактических работ) с применением георадиолокационного метода оценки грузоподъемности ледовых переправ позволит увеличить срок их службы.

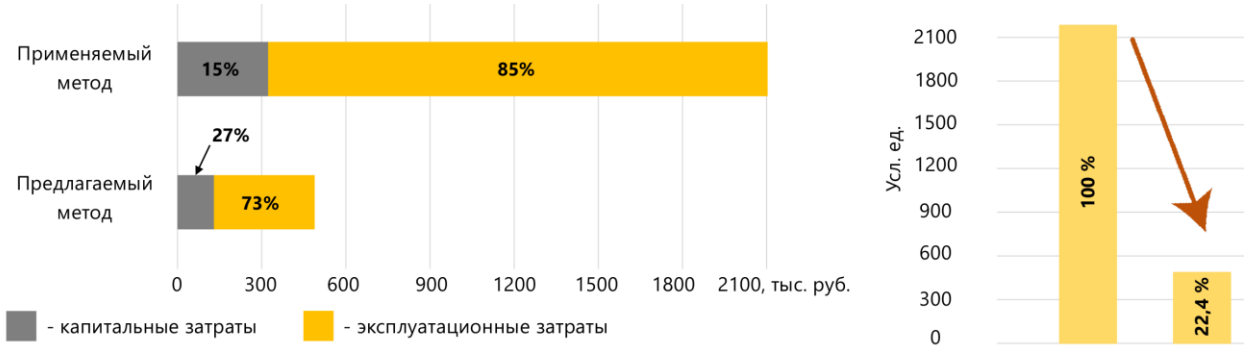


Рисунок 12. *Сравнение затрат на проведение измерений вручную и георадиолокационным методом (составлено авторами)*

Применение георадиолокационного метода позволяет сократить затраты на выполнение работ по бурению лунок и измерению толщины льда на с 1 728,92 чел.-часов по нормам расценки в рамках реализации применяемого в настоящее время подхода до 95,68 чел.-часов в рамках реализации предлагаемого метода с применением георадара.

Кроме того, наблюдается значительный экономический эффект от автоматизации работ по мониторингу ледовых переправ, который формируется в части снижения капитальных и эксплуатационных затрат за счет применения георадиолокационного метода на этапе мониторинга грузоподъемности ледовых переправ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бычковский, Н.Н. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы / Н.Н. Бычковский, Ю.А. Гурьянов; Н.Н. Бычковский, Ю.А. Гурьянов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Сарат. гос. техн. ун-т. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2005. — ISBN 5-7433-1554-X. — EDN QNSOOJ.
2. Маринин, А.Н. Совершенствование действующей нормативно-технической и типовой документации на проектирование мостовых сооружений на нефтяных месторождениях / А.Н. Маринин, Н.Н. Галич // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". — 2021. — № 6. — С. 11–19. — EDN JFCQCK.
3. Сластин, С.В. Система мониторинга работ при строительстве мостов с использованием инновационных технологий / С.В. Сластин, А.Н. Маринин // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2023: Сборник докладов IV Национальной научной конференции, Москва, 15 декабря 2023 года. — Москва: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 2024. — С. 719–724. — EDN NXDNNX.
4. Аузин, А.А. Георадиолокационное обследование дорожных объектов / А.А. Аузин, М.А. Хеляль // Георадар — 2019: сборник тезисов научно-практической конференции, Москва, 13–15 марта 2019 года / Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, ООО «СОВГЕО». — Москва: Евроазиатская научно-промышленная палата, 2019. — С. 45–48. — EDN KBNDTU.
5. Результаты экспериментальных георадиолокационных обследований ледовых переправ и автомобильных дорог Якутии / Л.Л. Федорова, А.В. Омельяненко, М.П. Федоров, Д.В. Саввин // Наука и образование. — 2015. — № 1(77). — С. 61–65. — EDN TTIJCR.

6. Кулижников, А.М. Георадиолокационные обследования ледовых переправ / А.М. Кулижников // Инженерные изыскания. — 2016. — № 8. — С. 22–29. — EDN WXTKHD.

7. Георадарная и радиоимпедансная диагностика акватории реки Селенги / В.Б. Хаптанов, Ю.Б. Башкуев, М.Г. Дембелов, И.Б. Нагуслаева // Геодинамика и тектонофизика. — 2022. — Т. 13, № 3. — DOI 10.5800/GT-2022-13-3-0643. — EDN KGKFHI.

8. Маринин, А.Н. Формирование оптимальной стратегии эксплуатации мостовых сооружений по критерию долговечности в составе объектов обустройства нефтегазовых месторождений / А.Н. Маринин, А.А. Мисливская, Н.Н. Галич // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16, № 5. — EDN LYVXFD.

9. Шестериков, В.И. Стратегия сохранения надежности эксплуатируемых автодорожных мостов / В.И. Шестериков // Дороги и мосты. — 2007. — № 2(18). — С. 111–137. — EDN ICHICH.

10. Исаков, А.Д. Строительство ледовой переправы методом намораживания / А.Д. Исаков // Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера: Сборник материалов IV Всероссийского форума, Якутск, 28–29 марта 2024 года. — Якутск: Издательский дом СВФУ, 2024. — С. 94–96. — EDN ATJPDU.

11. Рудакова, Я.М. Основные способы устройства ледовых переправ. Методы усиления покрытий / Я.М. Рудакова // Инженерный вестник Дона. — 2024. — № 7(115). — С. 537–545. — EDN SLRCTL.

12. Карнаухов, Н.Н. Оборудование для возведения усиленных ледовых переправ / Н.Н. Карнаухов, А.Л. Егоров, Ш.М. Мерданов // Вестник Курганской ГСХА. — 2015. — № 4(16). — С. 64–65. — EDN VBCNPH.

Marinin Alexander Nikolaevich
Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
E-mail: a-marinin@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1848-730X
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=625628

Protopopova Anastasia Alexandrovna
NK Rosneft — Scientific and Technical Center LLC, Krasnodar, Russia
E-mail: aamislivskaya@ntc.rosneft.ru

Galich Nikolay Nikolaevich
NK Rosneft — Scientific and Technical Center LLC, Krasnodar, Russia
E-mail: nngalich@ntc.rosneft.ru

Nozdryukhina Sofya Andreevna
NK Rosneft — Scientific and Technical Center LLC, Krasnodar, Russia
E-mail: SA_Moskalenko@ntc.rosneft.ru

Analysis of reducing the cost of building and operating ice crossings by using the georadar survey method

Abstract. In the context of the development of oil and gas fields in the northern regions of Russia, the construction of ice crossings plays a key role in ensuring transport accessibility to remote facilities. The main parameter of their operational safety is the load capacity, which depends on the thickness of the ice. This paper analyzes the traditional approach to assessing load capacity, which involves manually drilling holes and measuring the thickness of the ice using a ruler. Its main disadvantages are its labor-intensive nature, its long execution time, and its low information content, as data is collected only in specific areas, which does not provide a complete picture of the entire ice structure.

As a more effective alternative, a georadar survey method using an ice thickness meter has been proposed. This method provides a quick and accurate determination of ice thickness along the entire length of the crossing, the identification of cracks, gullies, and other defects, as well as the automatic calculation of carrying capacity in real time. A technical and economic analysis has been conducted, and the implementation of the georadar has significantly reduced labor costs and improved the quality of monitoring. An improved operation strategy has been developed, which includes preventive measures (ice reinforcement by freezing) based on data from a georadar survey, which helps to extend the lifespan of the crossing. Thus, the use of the georadar method enhances the efficiency, safety, and economic feasibility of operating ice crossings, especially in challenging climatic conditions. The obtained results can be used in the design and maintenance of winter roads and crossings in the fuel and energy complex infrastructure.

Keywords: ice crossing; georadar method; load capacity; ice thickness; ice thickness meter; ice condition monitoring; operation strategy