

НАДЕЖНОСТЬ ОСНОВАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

УДК 625.711

АРМИРОВАНИЕ ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ

О.В. Якименко, В.В. Сиротюк

ФГБОУ ВПО "СибАДИ", 644080, Омск, пр. Мира, 5, Россия; olgayakimenko@yandex.ru, sirvv@yandex.ru

Приведены основные результаты исследований по увеличению несущей способности и безопасности ледовых переправ. Проанализирован опыт применения разработанных авторами рекомендаций на одной из ледовых переправ в Архангельской области. Обозначены основные направления дальнейших исследований.

Ледовая переправа, армирование, геосинтетический материал

REINFORCEMENT OF ICE CROSSINGS

O.V. Yakimenko, V.V. Sirotiuk

FSBEI HVT "SibADI", 644080, Omsk, Mira av., 5, Russia; olgayakimenko@yandex.ru, sirvv@yandex.ru

The essential results of researches on increase in bearing capacity and safety of ice crossings are given. Experience of application of the recommendations developed by the authors at one of ice crossings in the Arkhangelsk region is analysed. The main directions of further investigations are specified.

Ice crossing, reinforcing, geosynthetic material

ВВЕДЕНИЕ

Большая часть территории РФ расположена в северных районах, где в зимний период для доставки грузов, пассажиров и техники широко используются автозимники и ледовые переправы. По данным Комитета Совета Федерации по делам Севера и малочисленных народов [Информационно-аналитическая записка, 2007], до 65 % населенных пунктов в Ханты-Мансийском АО, 56 % в Якутии и 81 % в Чукотском АО не имеют круглогодичного выхода на дороги с твердым покрытием, поэтому в северных районах автозимники являются единственной связью с Большой землей. При освоении новых месторождений нефти и газа автозимники и ледовые переправы просто незаменимы.

Самая известная ледовая переправа в нашей стране – через Ладожское озеро в период блокады Ленинграда, названная Дорогой жизни. Самая длинная переправа – через оз. Байкал, с которой может сравниться разве что переправа по оз. Уэйт в Канаде, обслуживающая рудники по добыче кимберлита [Уайз, 2007]. Для нормального функционирования шахт каждый год 300 тыс. т топлива, взрывчатки, стали и бетона перевозят по льду при помощи 70-тонных автопоездов.

Главной опасностью при движении по переправе является резкий пролом льда под транспортом, что может привести к гибели людей и потере грузов [Шавлов, 1997]. Занимаясь вопросами повышения безопасности движения по ледовым переправам, мы изучили все способы усиления ледового покрова и разработали их классификацию [Якименко, 2011]. Из анализа этой классификации следует, что наиболее эффективными способами усиления льда являются: намораживание дополнительных слоев льда и вмораживание в ледяную плиту армирующих материалов. В качестве армирующих материалов в настоящее время используют, как правило, древесину, это создает дополнительные трудности в весенний период (при ее извлечении из ледового покрова), экономически не всегда эффективно, экологически небезопасно и не исключает возможность резкого пролома льда под транспортом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сегодня мировая промышленность выпускает около 400 разновидностей геосинтетических материалов (ГМ), которые различаются как по виду исходного сырья, так и по прочностным и дефор-

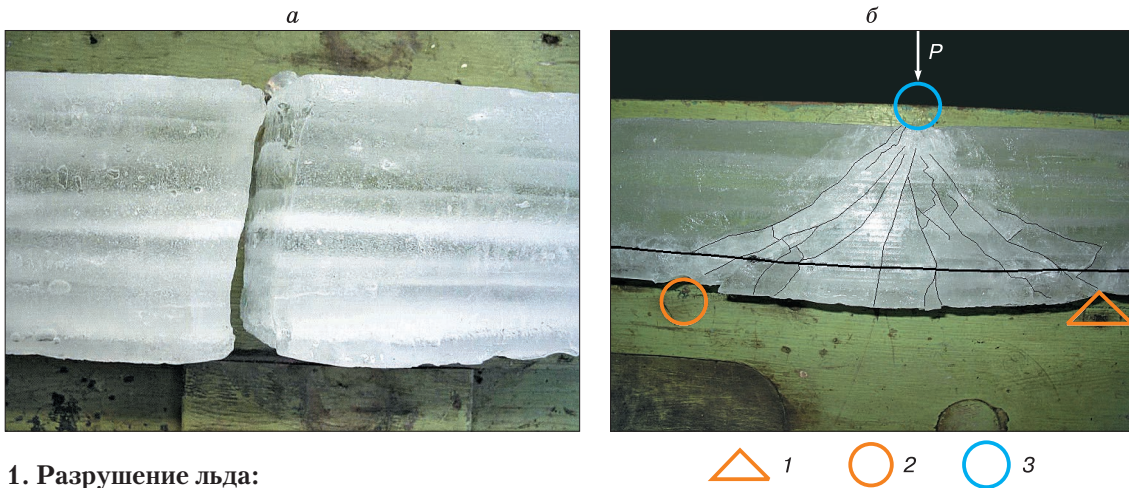


Рис. 1. Разрушение льда:

a – неармированный образец; *б* – армированный образец; 1 – неподвижная опора; 2 – подвижная опора; 3 – опора для приложения нагрузки; *P* – нагрузка, приложенная к центру балки.

мативным показателям. Они хорошо зарекомендовали себя в качестве арматуры в различных дорожных конструкциях, но для армирования льда не применялись.

Теоретическое обоснование эффективности армирования льда ГМ проверено при помощи математических моделей, разработанных С.А. Матвеевым и Ю.В. Немировским [2006]. В результате расчетов установлено, что при введении армирующих ГМ в ледяную плиту происходит уменьшение максимального упругого прогиба конструкции до 56 % (в зависимости от прочностных и деформативных характеристик применяемой арматуры).

Для оценки физико-механических свойств льда, армированного ГМ, были проведены лабораторные эксперименты. Для армирования образцов использовались двусосные геосетки и георешетки на основе стекловолокна и полипропилена. В результате установлены различия в работе армированных и неармированных образцов. При увеличении нагрузки и достижении предельных напряжений неармированный образец разрушается хрупко, образуя две части (рис. 1, *a*). Армированный образец при достижении предельных напряжений не разрушается полностью, так как в работу вступает армирующий материал, и наступает вторая стадия разрушения (см. рис. 1, *б*).

Установлено, что величина дополнительной работы для разрушения образца на стадии II зависит от прочностных характеристик армирующего материала. Максимальное (до 5 раз) увеличение работы для разрушения на стадии II наблюдалось у льда, армированного геосеткой на основе стекловолокна с прочностью на растяжение 100 кН/м (рис. 2). Полученные результаты позволили нам прогнозировать снижение трещинообразования в ледяном покрове, а также увеличение безопаснос-

ти движения по ледовым переправам за счет снижения вероятности резкого и хрупкого разрушения льда под нагрузкой.

Для проверки результатов теоретических и лабораторных исследований на одном из водоемов в 2007–2009 гг. были построены и испытаны опытные участки ледовой переправы.

В ходе опытного строительства апробированы разные методы армирования льда различными ГМ:

- простейший метод вмораживания арматуры в верхнюю часть плиты при намораживании льда сверху;

- две более сложные технологии вмонтирования армирующего ГМ в нижнюю часть ледяного покрова, изобретенные нами и условно названные методами “подныривания” и “притапливания” [Сиротюк и др., 2009].

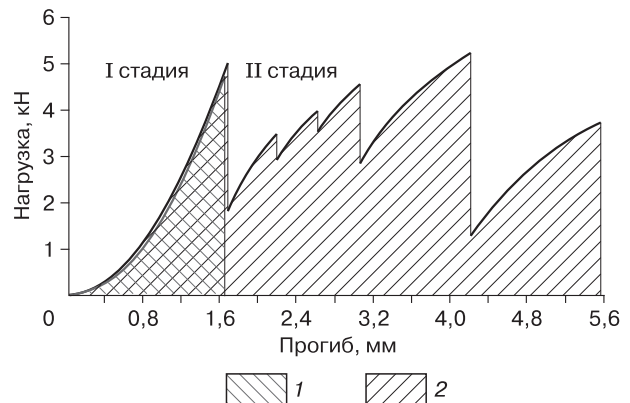


Рис. 2. Диаграмма, иллюстрирующая характер разрушения неармированных (1) и армированных (2) балок из льда.

Испытания проводились при поддержке Омского танкового института, что позволило использовать для испытаний разнообразную технику массой более 50 т [Сиротюк и др., 2008]. При этом были отработаны методы извлечения армирующего материала изо льда в весенний период.

В результате двухлетних испытаний опытных участков установлено (при “верхнем” армировании):

- на армированных участках в течение всей зимы не наблюдалось температурного трещинообразования, в то время как на неармированных участках образовались раскрытые несквозные трещины шириной до 2 см и глубиной до 37 см;

- снижение трещинообразования дало увеличение несущей способности ледяного покрова до 30 %.

Установлено, что при вмораживании армирующего материала в нижнюю часть плиты (при “нижнем” армировании):

- существенно увеличивается несущая способность ледяного покрова (до 70 %);

- наибольший армирующий эффект получен при использовании стеклосеток с высокой прочностью и малой деформативностью.

Результатом наших исследований стало создание “Рекомендаций по применению геосинтетических материалов для усиления ледовых переправ”. Опубликованные данные были применены на ледовой переправе в Архангельской области через р. Пеза на автомобильной дороге Архангельск–Белогорский–Пинега–Кимжа–Мезень [Мезенское... управление, 2011]. Отмечено снижение трещинообразования в ледовом покрове до 83 % и увеличение грузоподъемности до 70 %. Разработанные нами рекомендации предоставлены по запросу в проектные институты и организации Красноярского края, Омской и Тюменской областей.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Очевидно, что уже сегодня можно увеличить срок эксплуатации ледовых переправ и автозимников и повысить безопасность движения по ним.

Однако, несмотря на масштабность выполненных исследований, остался широкий круг проблем и вопросов, которые предстоит решить. Прежде всего это исследование самого армирующего ГМ: влияние вида исходного сырья, наличие битумной пропитки, количество сезонов, в течение которых допускается повторное использование ГМ, и др.

Геосинтетические материалы, выпускаемые в России и за рубежом, ранее не применялись для усиления льда. Поэтому необходимы дополнительные исследования и производство специаль-

ного гидрофильного ГМ для армирования ледовых переправ, отвечающего установленным требованиям.

Другая актуальная проблема – морально устаревшая нормативная база по проектированию, строительству и эксплуатации автозимников и ледовых переправ. В действующих нормативах не нашли отражения ни современные транспортные средства, ни новые способы увеличения грузоподъемности и безопасности движения по переправам, ни требования по охране окружающей среды, а в качестве льдонамораживающей, например, рассмотрена только установка типа “Град”, не выпускающаяся в России уже 40 лет.

Наши коллеги, например, в Канаде на ледовых переправах давно применяют системы неразрушающего контроля в виде дополнительного (навесного) оборудования на автомобили транспортно-эксплуатационных служб для оперативного контроля толщины льда и его прочности. Мы в основном производим диагностику ледового покрова “на глазок” – бурением лунок, без детального выявления наиболее слабых и опасных мест. Эти места легко обнаружить бесконтактными способами обследований, что позволяет оперативно принимать необходимые меры, не допуская местных разрушений ледового покрова и аварий на переправах.

Таким образом, дальнейшее совершенствование методики проектирования, строительства и эксплуатации ледовых переправ, усиленных ГМ, которые отвечали бы предъявляемым требованиям грузоподъемности и безопасности, невозможно без решения двух основных задач:

- проведение исследований и создание ГМ, которые должны быть предназначены специально для армирования льда;

- обновление нормативной базы и создание современных государственных стандартов и рекомендаций, к разработке которых должны быть привлечены только компетентные специалисты.

ВЫВОДЫ

Исследования, проведенные в ФГБОУ ВПО “СибАДИ”, показали, что наиболее эффективным способом увеличения несущей способности и безопасности ледовых переправ является вмораживание в ледяную плиту армирующих материалов. В качестве армирующих материалов, отвечающих экологическим нормам и экономически оправданных, наиболее эффективно применение геосинтетических материалов. Результаты исследований подтверждены на опытных участках ледовых переправ, построенных в 2007–2009 гг., а также применением разработанных авторами рекомендаций на ледовой переправе через р. Пеза в Архангельской области.

Полученный опыт будет учтен при обновлении нормативной базы по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ.

Литература

Информационно-аналитическая записка. О состоянии сети автомобильных дорог в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностей и ее развитии в свете реализации задач, поставленных в Послании Президента РФ Федеральному Собранию Российской Федерации на 2007 год. URL: <http://www.severcom.ru/analytics/page2.html> (дата обращения: 10.09.2013).

Матвеев С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. Новосибирск, Наука, 2006, 348 с.

Мезенское дорожное управление. Новые технологии на ледовых переправах [Электронный ресурс] // События, 2011. URL: http://ador-mezen.ru/events/p_7/ (дата обращения: 10.09.2013).

Сиротюк В.В., Якименко О.В., Крашенинин Е.Ю., Щербо А.Н. Строительство и испытание опытного участка ледовой переправы, армированной геосинтетическими материалами // Вестн. ТГАСУ, 2008, вып. 4, с. 157–165.

Сиротюк В.В., Якименко О.В., Щербо А.Н. Анализ результатов строительства и испытаний опытных участков ледовой переправы, армированной геосетками и плоскими георешетками // Дороги и мосты, 2009, вып. 2(22), с. 47–60.

Уайз Дж. Тонкий лед: Пока не настало лето [Электронный ресурс] // Популярная механика, 2007, № 3(53). URL: <http://www.popmech.ru/article/1354-tonkiy-led/> (дата обращения: 10.09.2013).

Шавлов А.В. Свойства льда при высокой концентрации структурных дефектов // Криосфера Земли, 1997, т. I, № 1, с. 78–86.

Якименко О.В. Обоснование конструктивно-технологических решений ледовых переправ, армированных геосинтетическими материалами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2011, 23 с.

*Поступила в редакцию
18 апреля 2013 г.*